

П  
626  
Г-60

# ОТВЕРСТІЯ ДЛЯ ПРОПУСКА ТЕКУЧИХЪ ВОДЪ ВЪ ИСКУССТВЕННЫХЪ СООРУЖЕНІЯХЪ.

СОСТАВИЛЪ  
ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ  
Н. І. ГОЛИНЕВИЧЪ.

*Издание второе, дополненное.*



1869  
Политехнический  
Институтъ въ Кіевѣ

110

Типографія В. В. Чичерина,  
противъ Марьиной слободы, за Камеръ-Боллежскимъ вал., соб. домъ, 2 ст. Моск. уѣзда.  
1896.



Инженеръ путей Сообщенія

Н. І. Голиневичъ.

Москва, Мясницкая, д. Воронина.

СОСТАВЛЕНІЕ ПРОЕКТОВЪ, ОРГАНИЗАЦІЯ РАБОТЪ  
И НАДЗОРЪ ЗА ИСПОЛНЕНІЕМЪ.

**Мостовой отдѣлъ.** Расчеты отверстій, разработка типовъ и исполнительные чертежи деревянныхъ, каменныхъ, бетонныхъ (Моные) и желѣзныхъ мостовъ. Усиленіе мостовыхъ фермъ. Кессоны, опускаемые колодцы и пр.

**Дорожный отдѣлъ.** Изысканія и проекты путей сообщенія.

**Гидротехническій отдѣлъ.** Плотины, водопроводы, канализація и пр.

**Архитектурный отдѣлъ.** Зданія, стропила, вентиляція и отопленіе, расчетъ сводовъ.

Составленіе смѣтъ, вѣдомостей, расцѣнокъ и т. п.

---



М

У 626  
Г. 60

# ОТВЕРСТІЯ ДЛЯ ПРОПУСКА ТЕКУЧИХЪ ВОДЪ ВЪ ИСКУССТВЕННЫХЪ СООРУЖЕНІЯХЪ.

1864 4/а  
1864  
Печатня  
Составилъ

Составилъ

Инженеръ путей сообщенія

Н. И. ГОЛИНЕВИЧЪ.

Изданіе второе, дополненное.



продлено  
1966 г.

И

Типографія В. В. Чичерина,  
противъ Марьиной слободки, за Камеръ-Коллежскимъ вал., соб. домъ, 2 ст. Моск. уѣзда.  
1896.



Дозволено цензурою. Москва, 1 мая 1896 года.

4864



## ПРЕДИСЛОВІЕ.

---

При производствѣ изысканій для проведенія дорогъ, при устройствѣ плотинъ и т. п. работахъ, гдѣ возникаетъ вопросъ о величинѣ отверстія въ искусственномъ сооруженіи для пропуска воды, на правильное рѣшеніе имѣетъ большое вліяніе какъ методъ наблюденія надъ водами данной рѣки, такъ и опытные данныя различныхъ инженеровъ, ранѣе занимавшихся этимъ дѣломъ.

Въ виду этого ниже помѣщены методы опредѣленія данныхъ для составленія полной характеристики рѣкъ, ручьевъ и проч., а затѣмъ—способы и примѣры расчетовъ отверстій въ сооруженіяхъ.

Непосредственными помощниками инженеровъ въ этомъ дѣлѣ обыкновенно бываютъ техники, только соотвѣтственно практически, и то не всегда, знакомые съ этимъ вопросомъ; приходится давать имъ подробныя указанія и писать инструкціи современнымъ требованіямъ по собиранію данныхъ о рѣкахъ. Поэтому задачу настоящаго изданія составляетъ облегчить трудъ инженеровъ по указаніямъ, касающимся собиранія данныхъ и расчетовъ отверстій искусственныхъ сооружений.

Матеріаломъ для составленія были слѣдующія сочиненія:

Проф. Николаи. Курсъ мостовъ. И. И. П. С.,  
Handbuch der Ingenieurwissenschaften,

Пояснительная записка къ проектированію искусственныхъ сооружений Златоустовской ж. д.,

Пояснительная записка къ расчетамъ отверстій искусственныхъ сооружений Моск. Каз. ж. д.,

Недзялковскій. Собраніе таблицъ и формулъ.  
Статьи въ техническихъ періодическихъ изданіяхъ и проч.

---







# ОПРЕДѢЛЕНІЕ ДАННЫХЪ

## ДЛЯ РАСЧЕТА ОТВЕРСТІЙ ИСКУССТВЕННЫХЪ СООРУЖЕНІЙ.

Задача всѣхъ наблюденій надъ оврагами, ручьями и рѣками, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ назначаются искусственныя сооруженія подъ полотномъ дороги, заключается въ томъ, чтобъ собрать на мѣстѣ возможно полнѣе и болѣе точнымъ образомъ всѣ тѣ данныя, на основаніи которыхъ опредѣляется въ проектѣ самая существенная часть его, именно—отверстіе, а также выбирается видъ сооруженія, назначается мѣсто, т. е. расположеніе осей отверстія относительно общаго направленія теченія самыхъ высокихъ водъ рѣки и пр.

Отверстіе сооруженія назначается соотвѣтственно наибольшему расходу водъ водотока и наибольшимъ возможнымъ глубинамъ и скорости воды въ проектируемомъ отверстіи. Непосредственное опредѣленіе расхода большей частью невозможно, а вычисляется по площади живого сѣченія и скорости или уклону и гидравлическому радіусу или же въ зависимости отъ площади бассейна. Возможная скорость и глубина воды опредѣляются геологическимъ строеніемъ мѣстности видомъ сооруженія и условіями судоходства.

Возвышеніе полотна надъ горизонтомъ водъ, въ свою очередь имѣетъ весьма большое вліяніе на выборъ вида сооруженія, напр. на выборъ между чугунной и каменной трубой, мостомъ съ ѣздою по низу или по верху, мостомъ съ малыми или большими пролетами. Высота положенія фермъ надъ горизонтомъ воды опредѣляется также требованіями судоходства.

Такъ какъ нѣкоторыя данныя всегда почти страдаютъ неточностью, напр. указанія горизонта самыхъ высокихъ водъ, соотвѣтствующей имъ скорости и пр., то лучше не довольствоваться однимъ какимъ-нибудь способомъ опредѣленія необходимыхъ элементовъ, напр. расхода воды,



но стараться вычислить ихъ изъ различныхъ наблюденій для взаимной проверки.

Такимъ образомъ, чтобы получить возможно полное представление о характерѣ пересѣкаемой рѣки, необходимо произвести нижеслѣдующія наблюденія:

1. Определить высоту наибольшаго поднятія горизонта высокихъ водъ въ тотъ годъ, когда производятся наблюденія.
2. Собрать свѣдѣнія о ледоходѣ и справки о наивышемъ горизонтѣ высокихъ водъ, когда-либо наблюдавшемся въ данной мѣстности.
3. Определить уклонъ весеннихъ водъ.
4. Определить живое сѣченіе весеннихъ водъ и подводный периметръ, а также характеръ ложа и береговъ.
5. Определить скорости по поверхности, по дну и среднюю скорость теченія для высокихъ водъ.
6. Определить наибольшій расходъ воды и направленіе теченія весеннихъ водъ, т. е. весенній фарватеръ рѣки.
7. Составить планъ весенняго разлива.
8. Определить геологическій разрѣзъ подъ рѣкой въ томъ мѣстѣ, гдѣ она пересѣкается линіей жел. дор. и собрать свѣдѣнія о степени измѣняемости ложа.
9. Составить планъ бассейна.
10. Собрать свѣдѣнія о судоходствѣ.

Для того, чтобы данныя эти вполнѣ удовлетворяли требованіямъ современнаго положенія вопроса о расчетѣ отверстій искусственныхъ сооружений и носили вмѣстѣ съ тѣмъ одинъ общій характеръ, предлагаются слѣдующіе способы наблюденій.

## **1 и 2. Определеіе наибольшаго поднятія горизонта, о ледоходѣ и проч.**

Для удовлетворенія вопросовъ, поставленныхъ въ §§ 1 и 2, необходимо учредить при рѣкахъ водомѣрные посты съ правильнымъ веденіемъ записей въ журналѣ. Постъ устраивается недѣли за 2 до вскрытія рѣки, т. е. приблизительно въ первыхъ числахъ марта мѣсяца и заключается въ слѣдующемъ. Избирается вблизи предполагаемаго искусственнаго сооруженія берегъ, къ которому близко подходит меженнее русло рѣки, и при томъ такой, который не подымается и не подверженъ напору льда. Затѣмъ по косогору забивается рядъ свай (ручнымъ способомъ) съ горизонтально спиленнымъ верхомъ, или сваи вкапываются въ землю, съ крестообразными перекладинами, на глубину



до 1 сажени, каждой сваѣ дается отдѣльный №, и всѣ сваи связываются нивелировкой какъ между собой, такъ и съ общей нивелировкой проектируемой линіи. Наблюденія горизонта ведутся отъ верхней площадки свай, отмѣряя рейкой это разстояніе, записываютъ въ журналъ какъ № свай, такъ и показаніе рейки насколько горизонтъ былъ выше или ниже площадки. Наблюденія эти надъ горизонтомъ воды дѣлаются три раза въ день: въ 7 часовъ утра, въ 1 часъ пополудни и въ 8 часовъ вечера и должны продолжаться до полного спада воды.

Кромѣ того въ журналъ должны быть заносимы:

- а) Горизонтъ стоянія льда.
- б) Горизонтъ начала ледохода.
- в) Горизонтъ окончанія ледохода.
- д) Свѣдѣнія о силѣ ледохода, т. е. скорость движенія льдинъ, размѣры ихъ, время вскрытія какъ самой рѣки, такъ и ея притоковъ, лежащихъ выше проектируемаго сооруженія; а также необходимо показать направленіе общаго движенія льдинъ, и дать свѣдѣнія о зажорахъ.

При (большихъ) рѣкахъ, вода которыхъ бываетъ подвержена подпору со стороны той рѣки, въ которую она впадаетъ, необходимо устроить 2 водомѣрныхъ поста: одинъ выше искусств. сооруженія, другой ниже на взаимномъ разстояніи 1—3 верстъ и по возможности такъ, чтобъ оба поста были на одномъ и томъ же берегу.

Два поста устраиваются съ тою цѣлью, чтобъ можно было судить о постоянномъ измѣненіи уклона паденія воды, въ зависимости отъ вліянія подпора.

Въ малыхъ рѣкахъ и ручьяхъ водомѣрный постъ заключается въ установкѣ въ безопасномъ мѣстѣ отъ льдинъ рейки, нуль дѣленій которой связывается съ общей нивелировкой, а затѣмъ дѣлаются наблюденія. Если по рѣкѣ или ея притокамъ находятся водоудержательныя плотины, должны быть собраны самыя подробныя свѣдѣнія о горизонтахъ во время прохода валовъ, времени пусканія валовъ, а также о горизонтахъ, соответствующихъ прорыву плотины.

Обыкновенно случается, что въ то время, когда производятся наблюденія, воды въ рѣкахъ не достигаютъ своего абсолютнаго *максимума*, поэтому кромѣ показанія наблюдаемой высоты, необходимо поискать слѣды болѣе высокаго горизонта высок. водъ и навести справки по этому вопросу у мѣстныхъ старожилъ и по ихъ указаніямъ, опредѣлять отмѣтку самаго высокаго горизонта водъ изслѣдуемой рѣки.

Къ такого рода указаніямъ вообще необходимо относиться съ большою осторожностью.



### 3. Опреѣленіе уклѣна.

Чтобъ опредѣлить уклонъ рѣки возможно правильнѣе, слѣдуетъ прежде всего избрать по возможности прямой плесъ, лежащій вблизи проектируемаго сооружеія, затѣмъ уже приступить къ опредѣленію уклѣна какъ въ выбранномъ участкѣ рѣки, такъ и непосредственно въ мѣстѣ перехода чрезъ рѣку.

Въ виду того, что въ большихъ рѣкахъ уклѣны вдоль одного берега часто не совпадаютъ съ уклѣнами другаго, слѣдуетъ нивелировать оба берега одновременно. По данному сигналу забиваются колья въ уровень воды вдоль одного и другаго берега приблизительно на разстояніе 50 — 100 саж. другъ отъ друга, причемъ длина изслѣдуемаго участка для большихъ рѣкъ должна быть протяженіемъ 1—2 верстъ, а для малыхъ рѣчекъ и овраговъ— $\frac{1}{2}$ —1 вер.; затѣмъ опредѣляютъ двойной нивелировкой по каждому берегу относительныя возвышенія конечныхъ колевъ и точно промѣряютъ ихъ взаимное разстояніе. Частное отъ раздѣленія средняго (изъ 4 нивелировокъ) относительнаго возвышенія конечныхъ точекъ, на среднее (по обоимъ берегамъ) разстояніе между тѣми же точками, дастъ средній уклонъ разсматриваемаго участка.

Такого рода опредѣленіе уклѣна слѣдуетъ произвести при меженіи горизонтѣ, при самомъ высокомъ и раза 2—3 во время постепеннаго поднятія и спада водъ; послѣднее необходимо для тѣхъ рѣкъ, которыя сливаютъ свои воды въ другія рѣки или водоемы съ переменнымъ горизонтомъ, такъ что подпоръ со стороны послѣднихъ имѣетъ большое вліяніе на высоту горизонта высокихъ водъ. Кромѣ того нивелировки эти должны дѣлаться одновременно съ наблюденіемъ горизонта водъ на водомѣрныхъ постахъ, для возможности сопоставленія данныхъ нивелировки и водомѣрныхъ постовъ\*). Если бы направленіе главнаго теченія весеннихъ водъ не совпадало съ направленіемъ теченія меженныхъ, что случается при извилистыхъ рѣчкахъ съ низкими берегами, то уклонъ весеннихъ водъ получатъ, раздѣля паденіе рѣки между выбранными профилями на разстояніе между ними, промѣренное вдоль разлива по весеннему фарватеру.

### 4. Опреѣленіе живаго сѣченія.

Для опредѣленія живаго сѣченія и подводнаго периметра пользуются тѣмъ-же прямымъ плесомъ, въ которомъ опредѣляется уклонъ.

По берегу этого плеса провѣшиваютъ и промѣряютъ базу *AB*, длиною около 100 саж., затѣмъ нормально къ направленію весенняго

\*) Въ журналѣ должна быть сдѣлана помятка о времени производства нивелировки.



теченія провѣшиваютъ три профили, въ разстояніи 30—50 саж. одна отъ другой, по направленію этихъ профилей дѣлаютъ промѣры глубины воды чрезъ каждые 5—20 сажень для большихъ рѣкъ и 2—3 саж. для малыхъ; при этомъ замѣчаютъ одновременно на всѣхъ 3-хъ профиляхъ высоту горизонта воды, повторяя наблюденія надъ горизонтомъ воды нѣсколько разъ въ теченіе производства промѣровъ.

Самые промѣры и составленіе профили живаго сѣченія удобнѣ всего дѣлать тогда, когда рѣка покрыта еще льдомъ, въ противномъ случаѣ для малыхъ рѣкъ можно натянуть поперекъ рѣки проволоку или канатъ, на которомъ были бы показаны мѣста для промѣровъ, а на большихъ рѣкахъ для производства промѣровъ во время половодья необходимо устроить створы въ 1, 2 и 3 профиляхъ, разбить по берегу базу, какъ выше сказано и въ концѣ ея установить угломѣрный инструментъ. Промѣрщикъ направляется въ лодкѣ съ футштокомъ или лотомъ и держась створа дѣлаетъ промѣры по указанію наблюдателя у угломѣрнаго инструмента, или же держась створа, дѣлаетъ промѣры и даетъ сигналъ угломѣрному инструменту для сдѣланія засѣчки положенія произведеннаго измѣренія глубины.

Послѣ окончанія всѣхъ промѣровъ, приводятъ ихъ къ горизонту воды, бывшему на профиляхъ въ какое либо опредѣленное время, вычерчиваютъ живыя сѣченія и опредѣляютъ подводные периметры и гидравлическіе радіусы для каждой профили. (Черт. 1).

Затѣмъ среднее ариѳметическое изъ площадей принимаютъ за живое сѣченіе разсматриваемаго участка рѣки, среднее-арифметическое подводныхъ периметровъ—за периметръ этого живаго сѣченія.

По тому же способу опредѣляется живое сѣченіе и подводный периметръ непосредственно въ томъ мѣстѣ, гдѣ проектируется искусственное сооруженіе.

Если направленіе искусственнаго сооруженія не нормально къ весеннему теченію, то кромѣ профили подъ мостомъ необходимо также снять профиль рѣки по направленію нормальному къ весеннему теченію.

Кромѣ того слѣдуетъ отмѣтить характеръ поверхности дна и береговъ, т. е. покрыты ли они кустарникомъ, лѣсомъ, травой, усыпаны отдѣльными камнями, изрыты или гладкія и т. пл.

## 5. Опредѣленіе скоростей теченія.

Опредѣленіе скоростей можетъ быть произведено или непосредственнымъ измѣреніемъ ея при помощи различнаго рода инструментовъ, или вычисленіемъ по эмпирическимъ формуламъ, выражающимъ зависимость между скоростью, уклономъ, подводнымъ радіусомъ и проч. элементами рѣки.



При опредѣленіи скоростей измѣрительными приборами одновременно должно производить промѣры глубины тѣхъ вертикалей, въ которыхъ измѣряютъ скорости и замѣчать положеніе вертикалей на поперечной профили рѣки.

Въ малыхъ рѣкахъ, ручьяхъ и оврагахъ можно ограничиться измѣреніемъ скоростей на поверхности и въ крайнемъ случаѣ измѣреніемъ одной наибольшей скорости; въ большихъ рѣкахъ измѣреніе должно быть сдѣлано возможно подробно и точнѣе.

Всѣ эти измѣренія дѣлаются, при обыкновенныхъ условіяхъ быта рѣки, во время самыхъ высокихъ водъ; если же горизонтъ самыхъ высокихъ водъ образуется не отъ количества воды притекающей съ бассейна, а вслѣдствіе существованія подпора со стороны другой рѣки, для которой изслѣдуемая служитъ притокомъ, то въ такомъ случаѣ измѣренія должны быть сдѣланы:

- а) для меженныхъ водъ;
- б) для того горизонта, который по указанію мѣстныхъ жителей является наибольшимъ по отношенію къ водамъ, при текущимъ съ бассейна;
- в) 1—2 наблюденія во время продолжающагося поднятія водъ;
- г) для наибольшаго поднятія горизонта водъ;
- д) 1—3 наблюденій во время постепеннаго спада послѣднихъ.

Наблюденія эти должны производиться одновременно съ записываніемъ горизонтовъ воды на водомѣрныхъ постахъ.

#### *Опредѣленіе скоростей поплавокми.*

Непосредственное измѣреніе скорости можетъ производиться помощью поплавковъ слѣдующимъ образомъ.

Назначаютъ 3 профили и базу, какъ было раньше указано, затѣмъ выѣзжаютъ на рѣку въ 2-хъ лодкахъ: одна съ поплавками держится створа 1-й профили и бросаетъ поплавки, другая держится ниже 3-ей и назначается для того, чтобы ловить поплавки. На берегу устанавливаютъ въ концѣ базы мензулу или угломѣрный инструментъ, которымъ опредѣляютъ мѣста, въ которыхъ должны бросаться поплавки, обыкновенно на большихъ рѣкахъ поплавки бросаютъ чрезъ каждыя 10—20 саж., затѣмъ, когда поплавокъ пущенъ, наблюдаютъ время прохожденія его чрезъ створы 2-ой и 3-ей профилей. Частное отъ дѣленія пройденнаго поплавкомъ разстоянія на число замѣченныхъ секундъ дастъ величину наблюдаемой скорости.

Вообще, слѣдуетъ измѣрять скорости въ точкахъ по вертикали на взаимномъ разстояніи приблизительно въ 0, 50 саж.



Если измѣрены:

$V$ —скорость на поверхности данной вертикали,

$U'$ —скорость на  $\frac{1}{2}$  глубины той же вертикали,

$W$ —скорость по дну,

по даннымъ  $V$ ,  $U'$  и  $W$  опредѣлится средняя скорость по вертикали:

$$U = \frac{4 U' + V + W}{6};$$

Поплавками это можетъ быть достигнуто слѣд. образомъ: дѣлается двойной поплавокъ, состоящій изъ двухъ полыхъ шаровъ или попросту изъ двухъ бутылокъ, связанныхъ взаимно тонкою бичевкой, одну изъ бутылокъ наполняютъ водою такъ, чтобъ она тонула, вторую наполняютъ всего на столько, чтобъ при погруженіи обѣихъ въ воду примѣрно  $\frac{1}{4}$  ея была видна на поверхности. Затѣмъ бичевку можно удлинить и укорачивать такъ, чтобы нижній поплавокъ былъ на желаемой глубинѣ. Наблюдаемая скорость  $V_n$  будетъ среднею изъ скоростей тѣхъ слоевъ воды, въ которыхъ находятся поплавки; опредѣливъ отдѣльно поплавкомъ скорость по верху  $V_s$  получимъ  $V_x$  — скорость того слоя, въ которомъ находится нижній поплавокъ изъ выраженія

$$V_x = 2 V_n - V_s$$

Слѣдуетъ имѣть въ виду, что вообще поплавокъ, пущенный не въ фарватерѣ, увлекается теченіемъ по направленію къ послѣднему; поэтому разстояніе между поперечными профилями рѣки слѣдуетъ брать небольшимъ.

При изслѣдованіи надъ движеніемъ воды рѣки Миссиссипи разстояніе между визирными линіями было въ 25 саж.

#### *Опредѣленіе скоростей вертушкой.*

Второй, наиболѣе употребительный, приборъ представляетъ вертушка Вольмана.

Опредѣленіе скорости дѣлается съ лодки или же съ баркаса, устанавливаемого на извѣстномъ мѣстѣ при помощи теодолита и 4-хъ якорей.

Вертушка надѣвается на длинный шестъ, который при погруженіи удерживается въ вертикальномъ положеніи двумя веревками, привязанными къ нижней его части. При большихъ глубинахъ, когда вертушку опускаютъ на проволоку съ тяжелымъ лотомъ, устраиваютъ на 2-хъ спаренныхъ лодкахъ помость, на которомъ устанавливаютъ лебедку, служащую для подъема вертушки.

Въ каждой точкѣ по вертикали вращеніе вертушки должно наблю-



даться не менѣе 3-хъ минутъ, такое наблюденіе должно повторяться 2—3 раза для каждой точки.

Если принять обозначенія:

$u$ —скорость теченія даннаго слоя;

$n$ —число оборотовъ крыла въ секунду.

$\alpha$  и  $\beta$  — численные коэффициенты, опредѣленные помощью наблюденій, то скорость теченія можетъ быть выражена формулой:

$$u = \alpha + \beta n.$$

Для опредѣленія коэффициентовъ  $\alpha$  и  $\beta$  проходятъ вертушкой въ стоячей водѣ отъ 60 до 70 разъ, точно опредѣленные разстоянія  $S$ , сажень въ 20, измѣняя по возможности каждый разъ скорость. Записывая скорость движенія  $n = \frac{S}{t}$  и число оборотовъ въ секунду  $n = \frac{N}{t}$ , изъ 60—70 наблюденій получаютъ приблизительно 50 годныхъ помощью которыхъ  $\alpha$  и  $\beta$  опредѣляются изъ слѣдующихъ формулъ

$$\alpha = \frac{\Sigma(u) - \beta \Sigma(n)}{m}$$

$$\beta = \frac{m \Sigma(nu) - \Sigma(n) \Sigma(u)}{m \Sigma(n)^2 - (\Sigma n)^2}$$

$m$ —выражаетъ число годныхъ наблюденій.

Приведенное выше выраженіе для  $u$  есть уравненіе прямой и представляетъ зависимость между скоростью и числомъ оборотовъ вертушки идеальной, гдѣ тренія нѣтъ. Въ дѣйствительности же, обыкновенно при прохожденіи *одного и того же пространства*  $S$  съ различными скоростями (въ различныя времена  $t$ ) получаютъ *различныя числа оборотовъ*  $n$  (въ идеальной же вертушкѣ должны быть одни и тѣ же). Чтобы отдѣлить годныя, правильныя наблюденія отъ неправильныхъ лучше всего изображать ихъ графически, напр. въ прямоугольной системѣ координатъ. Для вертушки съ обычнымъ треніемъ зависимость между  $n$  и  $t$  изображается кривой похожей на четверть эллипса (по наблюденіямъ проф. Шмидта въ Мюнхенѣ). Если, принявъ лишь годныя наблюденія и вычисливъ  $U = \frac{S}{t}$ , построить зависимость между  $n$  и  $u$ , то получается кривая весьма близкая къ гиперболѣ. Для скоростей



болѣе 1 мтр., когда треніе имѣетъ малое значеніе, кривая почти совпадаетъ съ асимптотой гиперболы. Поэтому лучше опредѣлять скорость по слѣдующей формулѣ представляющей уравненіе гиперболы:

$$u = \sqrt{\frac{S^2}{r^2 t_n^2} n^2 + C^2},$$

Здѣсь, кромѣ прежнихъ обозначеній:

- $r$  — наибольшее число оборотовъ вертушки изъ полученныхъ при проходѣ пробнаго растоянія  $S$ ,
- $t_n$  — продолжительность времени наблюденія,
- $n$  — число оборотовъ въ  $t_n$  секундъ,
- $C$  — скорость, при которой преодолевается треніе крыльевъ вертушки.

Опредѣливъ скорости въ нѣсколькихъ точкахъ, строятъ для каждой вертикали кривую скоростей *abc* (*чер 2*); площадь, ограниченная вертикалью, скоростями на поверхности и по дну и кривою скоростей, по раздѣленіи на высоту вертикали даетъ среднюю скорость разсматриваемой вертикали.

Полученную, такимъ образомъ, среднюю скорость слѣдуетъ провѣрить непосредственнымъ измѣреніемъ по способу Тревирануса; для этого опускаютъ вертушку или поднимаютъ на всю глубину со скоростью не болѣе 0,05 саж. въ секунду, возможно равномернѣе; затѣмъ опредѣливъ скорость, соотвѣтствующую числу оборотовъ въ секунду, получимъ искомую среднюю скорость по вертикали. При опредѣленіи по этому способу ошибка обыкновенно не превосходитъ 3%.

#### *Опредѣленіе скоростей гидроиндикаторомъ.*

Для опредѣленія скоростей можно также пользоваться гидроиндикаторомъ инженера Котляревскаго.

Гидроиндикаторъ состоитъ изъ мѣднаго цилиндра, внутри котораго помѣщена пружина, соединенная со стержнемъ; одинъ конецъ стержня системой рычаговъ соединенъ со стрѣлкой, движущейся по дугѣ съ дѣленіями и показывающей давленіе воды въ фунтахъ съ точностью до  $\frac{1}{8}$  фунта.

На другомъ концѣ находится дуга, къ которой прикрѣпляется стержень съ шарнирами; на концахъ ихъ укрѣплены пустые внутри шары, которые въ водѣ теряютъ почти весь собственный вѣсъ.



Приборъ годенъ для опредѣленія скоростей не менѣе 0,5 фута. При скоростяхъ большихъ  $2\frac{1}{2}$  фута привѣсная грузовая гиря должна вѣсить не менѣе 40 фунтовъ.

Для пользованія приборомъ слѣдуетъ прикрѣпить его къ веревкѣ толщиною не менѣе  $\frac{1}{4}$  дюйма или во избѣжаніе колебаній къ шесту, привязать грузовую гирю, посадить стержни отъ шаровъ въ отверстія дуги, закрѣпивъ гайки, поставить стрѣлки на нуль помощью штифта на задней доскѣ мѣдной коробки и погрузивъ приборъ въ воду держать на желаемой глубинѣ около 3 минутъ, затѣмъ вытащивъ обратно, записать показаніе стрѣлки.

Опускать и поднимать приборъ въ водѣ слѣдуетъ какъ можно скорѣе во избѣжанія вліянія скоростей промежуточныхъ слоевъ воды, въ воздухѣ же слѣдуетъ перемѣщать приборъ медленно и передъ погруженіемъ въ воду направить руль прибора по теченію.

При укладкѣ прибора слѣдуетъ снять шары, обтереть ихъ, наблюдая вообще, чтобы въ нихъ никакимъ образомъ не попала вода, что повліяло бы на показаніе стрѣлки, затѣмъ снять гирю, отвязать веревку, выпустить изъ цилиндра воду, держа приборъ вертикально мѣдной коробкой кверху, обтереть мѣдныя части и уложить въ ящикъ сперва гирю, затѣмъ шары и наконецъ самый приборъ, наблюдая, чтобы дуга отъ стержня пружины была зажата и не могла колебаться и напрягать пружину.

Опредѣленіе скорости производится по формулѣ:

$$U = \frac{m\sqrt{P}}{d};$$

гдѣ:

$U$ —скорость въ футахъ;

$P$ —показаніе стрѣлки въ фунтахъ;

$d$ —діаметръ шара (обыкновенно 4 дюйма);

$m$ —коэффициентъ, величина котораго измѣняется отъ 7,786 до 8,000.

Коэффициентъ  $m$  повѣряется изъ сравненія результатовъ опредѣленія скоростей теченія воды на поверхности приборомъ и поплавкомъ.

Примѣчаніе: Если скорость воды значительна, то слѣдуетъ ввести въ приборъ пару шаровъ меньшаго діаметра именно въ 2"; въ такомъ случаѣ, чрезъ уменьшеніе знаменателя увеличивается значеніе скорости при томъ давленіи, которое можетъ еще получаться на одномъ и томъ-же приборѣ.



Таблица определяющая величину скорости U  
по гиндрондicatorу, въ футахъ.

Показаніе прибора. (P)	Числен-ная ве-личина. P	Выраженіе $\left(\sqrt{\frac{P}{d}}\right)$		$\left(\frac{m\sqrt{P}}{d}\right)$ величина скорости (m=7,8)		Показаніе прибора. (P)
		d=4"	d=2"	d=4"	d=2"	
0 $\frac{1}{8}$	0,125	0,088	0,177	0,689	1,378	0 $\frac{1}{8}$
$\frac{2}{8}$	0,250	0,125	0,250	0,975	1,950	$\frac{2}{8}$
$\frac{3}{8}$	0,375	0,153	0,306	1,194	2,388	$\frac{3}{8}$
$\frac{4}{8}$	0,500	0,177	0,354	1,379	2,758	$\frac{4}{8}$
$\frac{5}{8}$	0,625	0,198	0,395	1,541	3,083	$\frac{5}{8}$
$\frac{6}{8}$	0,750	0,216	0,433	1,689	3,377	$\frac{6}{8}$
$\frac{7}{8}$	0,875	0,234	0,468	1,824	3,648	$\frac{7}{8}$
1 —	1,000	0,250	0,500	1,950	3,900	1 —
$\frac{1}{8}$	1,125	0,265	0,530	2,069	4,136	$\frac{1}{8}$
$\frac{2}{8}$	1,250	0,279	0,559	2,180	4,360	$\frac{2}{8}$
$\frac{3}{8}$	1,375	0,293	0,586	2,287	4,573	$\frac{3}{8}$
$\frac{4}{8}$	1,500	0,306	0,612	2,388	4,777	$\frac{4}{8}$
$\frac{5}{8}$	1,625	0,318	0,637	2,484	4,969	$\frac{5}{8}$
$\frac{6}{8}$	1,750	0,331	0,661	2,579	5,159	$\frac{6}{8}$
$\frac{7}{8}$	1,875	0,342	0,684	2,669	5,338	$\frac{7}{8}$
2 —	2,000	0,353	0,707	2,757	5,515	2 —
$\frac{1}{8}$	2,125	0,364	0,729	2,842	5,685	$\frac{1}{8}$
$\frac{2}{8}$	2,250	0,375	0,750	2,925	5,850	$\frac{2}{8}$
$\frac{3}{8}$	2,375	0,385	0,770	3,005	6,010	$\frac{3}{8}$
$\frac{4}{8}$	2,500	0,395	0,791	3,083	6,167	$\frac{4}{8}$
$\frac{5}{8}$	2,625	0,405	0,810	3,160	6,319	$\frac{5}{8}$
$\frac{6}{8}$	2,750	0,415	0,829	3,234	6,468	$\frac{6}{8}$
$\frac{7}{8}$	2,875	0,424	0,848	3,306	6,613	$\frac{7}{8}$
3 —	3,000	0,433	0,866	3,377	6,755	3 —
$\frac{1}{8}$	3,125	0,442	0,884	3,447	6,894	$\frac{1}{8}$
$\frac{2}{8}$	3,250	0,451	0,901	3,515	7,031	$\frac{2}{8}$
$\frac{3}{8}$	3,375	0,459	0,919	3,582	7,165	$\frac{3}{8}$
$\frac{4}{8}$	3,500	0,468	0,935	3,648	7,296	$\frac{4}{8}$
$\frac{5}{8}$	3,625	0,476	0,952	3,713	7,425	$\frac{5}{8}$
$\frac{6}{8}$	3,750	0,484	0,968	3,776	7,552	$\frac{6}{8}$
$\frac{7}{8}$	3,875	0,492	0,984	3,838	7,677	$\frac{7}{8}$
4 —	4,000	0,500	1,000	3,900	7,800	4 —
$\frac{1}{8}$	4,125	0,508	1,015	3,961	7,921	$\frac{1}{8}$
$\frac{2}{8}$	4,250	0,515	1,031	4,020	8,039	$\frac{2}{8}$
$\frac{3}{8}$	4,375	0,523	1,046	4,079	8,157	$\frac{3}{8}$
$\frac{4}{8}$	4,500	0,530	1,061	4,136	8,273	$\frac{4}{8}$
$\frac{5}{8}$	4,625	0,538	1,075	4,194	8,387	$\frac{5}{8}$
$\frac{6}{8}$	4,750	0,545	1,089	4,250	8,493	$\frac{6}{8}$
$\frac{7}{8}$	4,875	0,552	1,104	4,306	8,611	$\frac{7}{8}$
5 —	5,000	0,559	1,118	4,360	8,720	5 —

Примѣчанія: 1) Для таблицъ предположено, что коэффициентъ прибора не зависитъ отъ діаметра шара; строго говоря, это нѣсколько не вѣрно, но тѣмъ не менѣе ошибка незначительная.

2) Если для прибора будетъ определенъ болѣе или менѣе точно другой коэффициентъ, напр.  $m_0$ , то числа въ графахъ 5-й и 6-й должны быть измѣнены умноженіемъ табличнаго числа на  $\frac{m_0}{m=7,8}$  или на  $0,128 \times m_0$ .



*Опредѣленіе скоростей эмпирическими формулами.*

Для опредѣленія среднихъ скоростей теченія, а также скоростей, существующихъ въ различныхъ точкахъ живаго сѣченія можно пользоваться нижеприведенными эмпирическими формулами, выражающими зависимость:

I—между среднею скоростью, живымъ сѣченіемъ, уклономъ и подводнымъ периметромъ;

II—между среднею скоростью всего сѣченія и наибольшею скоростью на поверхности;

III—между среднею скоростью и скоростью на поверхности для одной и той-же вертикали;

IV—между скоростью на поверхности и скоростью на определенной глубинѣ или по дну для одной и той-же вертикали.

Принимаемъ слѣдующія обозначенія:

$\omega$ —площадь живаго сѣченія,

$p$ —подводный периметръ,

$b$ —ширина рѣки.

$R = \frac{\omega}{p}$  средній радіусъ

$i$ —уклонъ,

$U$ —средняя скорость всего живаго сѣченія,

$V$ —наибольшая скорость на поверхности.

Общую формулою для опредѣленія средней скорости  $U$  въ зависимости отъ  $\omega$ ,  $p$  и  $i$  можетъ служить выраженіе:

$$U = \sqrt{\alpha Ri + \beta^2} - \beta + A \cdot R^2 \cdot i,$$

изъ котораго могутъ быть выведены, при различныхъ частныхъ предположеніяхъ относительно значеній коэффиціентовъ  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $A$ , формулы, предложенныя многими гидравликами; ниже приведены нѣкоторыя изъ этихъ формулъ:

I.—Эмпирическія формулы для опредѣленія средней скорости всего живаго сѣченія по даннымъ: живому сѣченію, подводному периметру и уклону.

1. ФОРМУЛА ШЕЗП:

$$U = C\sqrt{Ri}$$

Формула эта составлена въ 1755 году и очень долгое время примѣнялась съ коэффиціентомъ, опредѣленнымъ Эйтельвейномъ на основаніи 91 наблюденія, произведенныхъ Дюбуа, Брюнингомъ, Функомъ и Вольтманомъ, а именно для этой формулы:

по Эйтельвейну  $C = 50,93$ .



По позднѣйшимъ наблюденіямъ для  $C$  даны были новыя величины, именно:

Тадини:  $C=50,00$ ;

Лесли:

$C=37,54$  (для малыхъ рѣкъ);

$C=55,20$  (для большихъ);

Невилль:

$C=50,96$  (для рѣкъ съ малой скоростью);

$C=51,51$  (для рѣкъ съ большою скоростью);

Стефенсонъ:

$C=38,1$  (для малыхъ рѣкъ);

$C=53,0$  (для большихъ);

Такимъ образомъ оказалось, что величина  $C$  есть функція отъ скорости, такъ что предварительно необходимо знать характеръ рѣки и приблизительную возможную скорость въ рѣкѣ. Достаточно точную величину для  $U$  можно получить, пользуясь нижеуказанными величинами  $C$  Вейсбаха и Рюльмана, именно:

въ метрахъ,

при  $U=0,1 \quad 0,2 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,5 \quad 0,75 \quad 1,0 \quad 1,25 \quad 1,50 \quad 2 \quad \text{метр.}$

$C=36,4 \quad 43,4 \quad 46,7 \quad 48,8 \quad 50,1 \quad 52,1 \quad 53,2 \quad 53,8 \quad 54,3 \quad 54,9 \quad \text{,,}$

въ саженьяхъ,

при  $U=0,05 \quad 0,10 \quad 0,15 \quad 0,20 \quad 0,25 \quad 0,30 \quad 0,40 \quad 0,50 \quad 0,60 \quad 0,70 \quad 0,80 \quad 0,90$

$C=25,3 \quad 29,9 \quad 32,2 \quad 33,6 \quad 34,5 \quad 45,1 \quad 36,0 \quad 36,5 \quad 36,9 \quad 37,2 \quad 37,4 \quad 37,6$

при  $U=1,00$

$C=37,7$

## 2. ФОРМУЛА ПРОНИ:

Однимъ изъ первыхъ лицъ, указавшихъ на несоотвѣтствіе результатовъ, получаемыхъ изъ формулы Шези съ явленіями дѣйствительности, былъ Прони. Основываясь на наблюденіяхъ Кулона, показавшихъ, что сопротивленіе по омоченному периметру состоитъ изъ двухъ частей, одной пропорціональной первой, а другой — второй степени величины средней скорости, Прони предложилъ формулу вида:

$$Ri = \alpha U + \beta U^2$$

откуда:

$$U = \frac{1}{\sqrt{\frac{\alpha}{\beta} + U}} \sqrt{Ri}$$

Въ означенной формулѣ даны были слѣдующіе коэффициенты для метровъ и саженьей:

		въ метрахъ,	въ саженьяхъ.
Прони	(31 изм.) $\alpha=0,00004445$ ,	$\beta=0,00030936$ ;	$\beta=0,00014499$
Эйтельвейнъ	(86 изм.) $\alpha=0,0000243$ ,	$\beta=0 \quad 000366$ ;	$\beta=0,00017154$



въ метрахъ:      въ саженьяхъ:  
 Гагенъ . . . . .  $\alpha=0,00003783$ ,  $\beta=0,00021806$ ;  $\beta=0,00010220$   
 Ламейеръ (257 пзм).  $\alpha=0,0000221035$ ,  $\beta=0,000377686$ ;  $\beta=0,00017702$

### 3. ФОРМУЛА ВЕЙСБАХА:

$$U = \sqrt{\frac{2g}{A}} \cdot \sqrt{Ri}, \text{ гдѣ}$$

$$A = 0,007409 \left( 1 + \frac{0,05853}{U} \right) \dots \dots \dots (\text{для метровъ}).$$

$$A = 0,007409 \left( 1 + \frac{0,2121}{U} \right) \dots \dots \dots (\text{для рус. футъ}).$$

Для опредѣленія скорости по формулѣ Вейсбаха нужно въ выраженіи коэффиціента  $A$  подставить приблизительное значеніе  $U$  и по найденному такимъ образомъ  $A$  опредѣлить  $U$ . Приближеніе слѣдуетъ повторять нѣсколько разъ. Для облегченія вычисленій по этой формулѣ имѣется таблица:

Скорости $U$ .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,5	2	3	Метры.
Коэффиціент. $A=0,0$	1175	0958	0885	0849	0828	0813	0803	0795	0789	0784	0777	0771	0763	0755	
Скорости $U$ .	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2	3	5	10		Русскіе футы.
Коэффиціент. $A=0,0$	1264	1134	1055	1003	0965	0937	0916	0898	0846	0820	0793	0772	0757		

### 4. ФОРМУЛА ДАРСИ—БАЗЕНА.

Основываясь на своихъ измѣреніяхъ въ небольшихъ каналахъ и на наблюденіяхъ другихъ инженеровъ надъ движеніемъ воды въ рѣкахъ, Дарси и Базенъ ввели въ эмпирическія формулы для средней скорости зависимость отъ подводнаго радіуса  $R$ , при этомъ различали матеріалъ, изъ котораго состоитъ русло, именно:

$$U = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \sqrt{Ri}$$

Сравнивая съ формулой Шези, получаемъ:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \text{ или}$$

$$\frac{1}{C^2} = \alpha + \frac{\beta}{R}$$



Значенія этихъ коэффициентовъ даны слѣдующія:

а) для стѣнокъ весьма сглаженныхъ (цементъ притертый, дерево тщательно выструганное и пр.)

въ метрахъ

$$\frac{1}{C^2} = 0,00015 \left( 1 + \frac{0,03}{R} \right)$$

въ саженьяхъ

$$\frac{1}{C^2} = 0,000308 \left( 1 + \frac{0,014061}{R} \right)$$

б) для стѣнокъ сглаженныхъ (тесовый камень, кирпичъ, доски, цементъ, смѣшанный съ пескомъ и пр.)

$$\frac{1}{C^2} = 0,00019 \left( 1 + \frac{0,07}{R} \right);$$

$$\frac{1}{C^2} = 0,000390 \left( 1 + \frac{0,03281}{R} \right)$$

в) для стѣнокъ мало сглаженныхъ (кладка бутовой)

$$\frac{1}{C^2} = 0,00024 \left( 1 + \frac{0,25}{R} \right);$$

$$\frac{1}{C^2} = 0,000512 \left( 1 + \frac{0,11717}{R} \right)$$

г) для стѣнокъ земляныхъ въ каналахъ и руслахъ рѣчныхъ

$$\frac{1}{C^2} = 0,00028 \left( 1 + \frac{1,25}{R} \right)$$

$$\frac{1}{C^2} = 0,000597 \left( 1 + \frac{0,58587}{R} \right)$$

Значенія  $C$  въ формулѣ Дарси-Базена при различныхъ  $R$ . для земляныхъ стѣнокъ даны въ слѣдующей таблицѣ.

Въ метрахъ:

R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.
0,10	16,3	0,36	28,3	0,62	34,4	0,88	38,4	1,28	42,5	1,80	45,9	3,60	51,5
0,11	17,0	0,37	28,6	0,63	34,6	0,89	38,5	1,30	42,7	1,82	46,0	3,70	51,7
0,12	17,7	0,38	28,9	0,64	34,8	0,90	38,7	1,32	42,8	1,84	46,1	3,80	51,9
0,13	18,3	0,39	29,2	0,65	35,0	0,91	38,8	1,34	43,0	1,86	46,2	3,90	52,0
0,14	19,0	0,40	29,4	0,66	35,1	0,92	38,9	1,36	43,1	1,88	46,3	4,00	52,2
0,15	19,6	0,41	29,7	0,67	35,3	0,93	39,0	1,38	43,3	1,90	46,4	4,25	52,5
0,16	20,1	0,42	30,0	0,68	35,5	0,94	39,2	1,40	43,4	1,92	46,5	4,50	52,9
0,17	20,7	0,43	30,2	0,69	35,7	0,95	39,3	1,42	43,6	1,94	46,6	4,75	53,2
0,18	21,2	0,44	30,5	0,70	35,8	0,96	39,4	1,44	43,7	1,96	46,7	5,00	53,5
0,19	21,7	0,45	30,7	0,71	36,0	0,97	39,5	1,46	43,9	1,98	46,8	5,25	53,7
0,20	22,2	0,46	31,0	0,72	36,1	0,98	39,6	1,48	44,0	2,00	46,9	5,50	53,9
0,21	22,7	0,47	31,2	0,73	36,3	0,99	39,7	1,50	44,1	2,10	47,3	5,75	54,2
0,22	23,1	0,48	31,5	0,74	36,4	1,00	39,8	1,52	44,3	2,20	47,7	6,00	54,4
0,23	23,6	0,49	31,7	0,75	36,6	1,02	40,1	1,54	44,4	2,30	48,1	6,50	54,7
0,24	24,0	0,50	31,9	0,76	36,8	1,04	40,3	1,56	44,5	2,40	48,5	7,00	55,0
0,25	24,4	0,51	32,2	0,77	36,9	1,06	40,5	1,58	44,7	2,50	48,8	8,00	55,6
0,26	24,8	0,52	32,4	0,78	37,0	1,08	40,7	1,60	44,8	2,60	49,1	9,00	56,0
0,27	25,2	0,53	32,6	0,79	37,2	1,10	40,9	1,62	44,9	2,70	49,4	10,00	56,3
0,28	25,6	0,54	32,8	0,80	37,3	1,12	41,1	1,64	45,0	2,80	49,7	11,00	56,6
0,29	25,9	0,55	33,0	0,81	37,5	1,14	41,3	1,66	45,1	2,90	50,0	12,00	56,9
0,30	26,3	0,56	33,2	0,82	37,6	1,16	41,5	1,68	45,3	3,00	50,2	13,00	57,1
0,31	26,6	0,57	33,4	0,83	37,8	1,18	41,6	1,70	45,4	3,10	50,4	14,00	57,3
0,32	27,0	0,58	33,6	0,84	37,9	1,20	41,8	1,72	45,5	3,20	50,7	15,00	57,4
0,33	27,3	0,59	33,8	0,85	38,0	1,22	42,0	1,74	45,6	3,30	50,9	16,00	57,6
0,34	27,6	0,60	34,0	0,86	38,2	1,24	42,2	1,76	45,7	3,40	51,1	17,00	57,7
0,35	28,0	0,61	34,2	0,87	38,3	1,26	42,3	1,78	45,8	3,50	51,3		



Въ саженьяхъ:

R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.	R.	C.
0,005	3,76	0,210	21,02	0,415	26,35	0,620	29,34	0,825	31,29	1,060	32,83	1,470	34,60
0,010	5,30	0,215	21,20	0,420	26,44	0,625	29,40	0,830	31,33	1,070	32,89	1,480	34,63
0,015	6,46	0,220	21,38	0,425	26,53	0,630	29,45	0,835	31,37	1,080	32,94	1,490	34,66
0,020	7,43	0,225	21,55	0,430	26,62	0,635	29,51	0,840	31,40	1,090	33,00	1,500	34,68
0,025	8,28	0,230	21,72	0,435	26,71	0,640	29,56	0,845	31,44	1,100	33,05	1,550	34,85
0,030	9,03	0,235	21,89	0,440	26,79	0,645	29,62	0,850	31,48	1,110	33,10	1,600	34,92
0,035	9,71	0,240	22,06	0,445	26,88	0,650	29,67	0,855	31,52	1,120	33,15	1,650	35,14
0,040	10,34	0,245	22,22	0,450	26,97	0,655	29,73	0,860	31,55	1,130	33,20	1,700	35,28
0,045	10,93	0,250	22,38	0,455	27,05	0,660	29,78	0,865	31,59	1,140	33,25	1,750	35,41
0,050	11,47	0,255	22,53	0,460	27,13	0,665	29,83	0,870	31,63	1,150	33,30	1,800	35,53
0,055	11,99	0,260	22,68	0,465	27,22	0,670	29,88	0,875	31,67	1,160	33,35	1,850	35,65
0,060	12,47	0,265	22,83	0,470	27,30	0,675	29,94	0,880	31,70	1,170	33,40	1,900	35,76
0,065	12,93	0,270	22,98	0,475	27,38	0,680	29,99	0,885	31,74	1,180	33,44	1,950	35,87
0,070	13,37	0,275	23,13	0,480	27,46	0,685	30,04	0,890	31,77	1,190	33,49	2,000	35,98
0,075	13,78	0,280	23,27	0,485	27,54	0,690	30,09	0,895	31,81	1,200	33,54	2,100	36,26
0,080	14,18	0,285	23,40	0,490	27,61	0,695	30,14	0,900	31,84	1,210	33,58	2,200	36,36
0,085	14,56	0,290	23,54	0,495	27,69	0,700	30,19	0,905	31,88	1,220	33,63	2,300	36,52
0,090	14,93	0,295	23,68	0,500	27,76	0,705	30,24	0,910	31,91	1,230	33,67	2,400	36,68
0,095	15,28	0,300	23,81	0,505	27,84	0,710	30,28	0,915	31,95	1,240	33,72	2,500	36,82
0,100	15,62	0,305	23,94	0,510	27,91	0,715	30,33	0,920	31,98	1,250	33,76	2,600	36,96
0,105	15,96	0,310	24,07	0,515	27,99	0,720	30,38	0,925	32,02	1,260	33,80	2,700	37,08
0,110	16,27	0,315	24,20	0,520	28,06	0,725	30,43	0,930	32,05	1,270	33,84	2,800	37,20
0,115	16,57	0,320	24,32	0,525	28,13	0,730	30,47	0,935	32,08	1,280	33,89	2,909	37,31
0,120	16,87	0,325	24,44	0,530	28,20	0,735	30,52	0,940	32,11	1,290	33,93	3,000	37,42
0,125	17,16	0,330	24,56	0,535	28,27	0,740	30,57	0,945	32,15	1,300	33,97	3,250	37,66
0,130	17,43	0,335	24,69	0,540	28,34	0,745	30,62	0,950	32,18	1,310	34,01	3,500	37,86
0,135	17,71	0,340	24,79	0,545	28,41	0,750	30,66	0,955	32,21	1,320	34,05	3,750	38,13
0,140	17,97	0,345	24,91	0,550	28,47	0,755	30,71	0,960	32,24	1,330	34,09	4,000	38,21
0,145	18,22	0,350	25,02	0,555	28,54	0,760	30,75	0,965	32,28	1,340	34,13	4,500	38,48
0,150	18,47	0,355	25,13	0,560	28,60	0,765	30,80	0,970	32,31	1,350	34,17	5,000	38,71
0,155	18,71	0,360	25,24	0,565	28,67	0,760	30,84	0,975	32,34	1,360	34,20	5,500	38,89
0,160	18,95	0,365	25,35	0,570	28,73	0,775	30,88	0,980	32,37	1,370	34,24	6,000	39,05
0,165	19,18	0,370	25,45	0,575	28,80	0,780	30,92	0,985	32,40	1,380	34,28	6,500	39,19
0,170	19,40	0,375	25,56	0,580	28,86	0,785	30,96	0,990	32,43	1,390	34,32	7,000	39,30
0,175	19,62	0,380	25,66	0,585	28,92	0,790	31,00	0,995	32,46	1,400	34,35	7,500	39,40
0,180	19,83	0,385	25,76	0,590	28,98	0,795	31,05	1,000	32,49	1,410	34,39	8,000	39,49
0,185	20,04	0,390	25,86	0,595	29,04	0,800	31,09	1,010	32,55	1,420	34,42	8,500	39,57
0,190	20,25	0,395	25,96	0,600	29,10	0,805	31,13	1,020	32,61	1,430	34,46	9,000	39,64
0,195	20,45	0,400	26,06	0,605	29,16	0,810	31,17	1,030	32,67	1,440	34,49	9,500	39,70
0,200	20,64	0,405	26,16	0,610	29,22	0,815	31,21	1,040	32,72	1,450	34,53	10,000	39,76
0,205	20,83	0,410	26,25	0,615	29,28	0,820	31,25	1,050	32,78	1,460	34,56		

д) для русель съ валунами и камнями по опредѣленію Гангюлье и Куттера.

$$\frac{1}{C^2} = 0,00040 \left( 1 + \frac{1,75}{R} \right) \text{ метр. } \frac{1}{C^2} = 0,000823 \left( 1 + \frac{0,82022}{R} \right) \text{ саж.}$$

Формулы Дарси-Базена годятся для каналовъ и для рѣкъ средней величины при условіи, если послѣднія не имѣютъ слишкомъ малаго паденія. Для большихъ рѣкъ какъ Волга, Миссисипи и т. п., гдѣ вліяніе шероховатости вообще незначительно, эти формулы непримѣнны.



5. ФОРМУЛА СЕНТЬ-ВЕНАНА.

$$U = 60,238 \left\{ Ri \right\}^{11/21} \text{ (метр.)}. \quad U = 41,991 \left\{ Ri \right\}^{11/21} \text{ (сажени)}.$$

6. ФОРМУЛА ИНЖЕНЕРА ГНУСЕНА.

$$U = 15,93 R. \quad i^{4/7} \quad i^{3/8} \text{ (метр.)}. \quad U = 11,51 R. \quad i^{4/7} \quad i^{3/8} \text{ (сажени)}.$$

7. ФОРМУЛА ГУМФРЕЙСА И АББОТА.

$$U = \left[ \sqrt{0,0025 m + \sqrt{68,72 R_1 V i}} - 0,05 \sqrt{m} \right]^2 \text{ (для метр.)}.$$

$$\text{Здѣсь } m = \frac{0,933}{\sqrt{R_1 + 0,457}} \text{ (метр.)}.$$

$$U = \left[ \sqrt{0,00117 m + \sqrt{32,209 R_1 V i}} - 0,0342 \sqrt{m} \right]^2 \text{ (для саж.)}.$$

$$m = \frac{0,6387}{\sqrt{R_1 + 0,2142}} \text{ (саж.)}; \quad R_1 = \frac{\omega}{p+b}$$

Отбрасывая въ этой формулѣ члены, содержащіе  $m$ , по незначительности ихъ вліянія на значенія  $U$ , получимъ

(для метр.)

(для саж.).

$$U = 8,28972 \sqrt{\frac{\omega}{p+b} V i}; \quad U = 5,67514 \sqrt{\frac{\omega}{p+b} V i}$$

8. ФОРМУЛА ГРЕБЕНАУ.

Въ виду неудобства примѣненія формулы Гумфрейса и Аббота Гребенау принимаетъ упрощенную формулу, но такъ какъ при этомъ величины для  $U$  получаются слишкомъ большія, то онъ вводитъ для поправки коэффициентъ  $\beta$  и предлагаетъ формулу:

$$U = 8,28972 \beta \sqrt{\frac{\omega}{p+b} V i} \text{ (метр.)}.$$

$$U = 5,67514 \beta \sqrt{\frac{\omega}{p+b} V i} \text{ (саж.)}.$$



гдѣ:  $\beta=0,8543$  при  $\omega < 1$  кв. метр. или 0,25 кв. с. въ канавахъ.

$\beta=0,8796$  —  $\omega < 5$  кв. метр. или 1,25 кв. с. въ малыхъ ручьяхъ.

$\beta=0,8890$  —  $\omega < 10$  кв. метр. или 2,50 кв. с. въ большихъ ручьяхъ.

$\beta=0,9223$  —  $\omega < 400$  кв. метр. или 100 кв. с. въ малыхъ рѣкахъ.

$\beta=0,9459$  —  $\omega$ —свыше 400 кв. метр. или 100 кв. с. въ бол. рѣкахъ.

Для широкихъ рѣкъ можно положить  $b=p$ , тогда

$$U=5,86 \beta \sqrt{R V i} \text{ (метр.)}$$

$$U=4,01173 \sqrt{R V i} \text{ (саж.)}$$

Въ нѣкоторыхъ опредѣленныхъ предѣлахъ формулы 7) Гумфрейса и Аббота и 8) Гребенау даютъ хорошіе результаты. Наибольшее вліяніе на величину средней скорости имѣетъ уклонъ рѣки  $i$ , въ то время какъ подводный радіусъ  $R$  имѣетъ второстепенное значеніе, поэтому означенныя формулы годятся для большихъ рѣкъ, въ которыхъ имѣется незначительное паденіе; онѣ примѣнимы главнымъ образомъ для рѣкъ съ уклономъ не превосходящимъ 0,0001, такъ какъ при уклонахъ превышающихъ 0,0001 получаются слишкомъ большія скорости, несоотвѣтствующія дѣйствительности.

#### 9. ФОРМУЛА ГАНГЮЛЬЕ И КУТТЕРА.

Принимая въ соображеніе, что въ общей формулѣ Шези, выражающей скорость движенія воды въ рѣкахъ и каналахъ, коэффициентъ  $C$  зависитъ:

- 1) отъ подводнаго радіуса,
- 2) отъ степени шероховатости русла,
- 3) отъ величины уклона,
- 4) отъ количества и качества твердыхъ частицъ, влекомыхъ теченіемъ,
- 5) отъ формы живаго сѣченія и ширины дна рѣки,

Гангюлье и Куттеръ дали для  $C$  слѣдующее выраженіе:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00115}{i}}{1 + \left[ 23 + \frac{0,00155}{i} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}} \text{ (метр.)}$$



поэтому средняя скорость всего течения выразится формулою:

въ метрахъ,

$$23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00115}{i}$$

$$U = C\sqrt{Ri} = \frac{1}{1 + \left[ 23 + \frac{0,00155}{i} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri};$$

или въ саженьяхъ,

$$23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}$$

$$U = C\sqrt{Ri} = \frac{1}{1,4607 + \left[ 23 + \frac{0,00155}{i} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}.$$

Здѣсь  $n$ —коэффициентъ, указывающій степень шероховатости омы-  
ваемого периметра, имѣетъ въ среднемъ слѣдующія значенія:

	$n$	$1/n$
а) Для очень гладкихъ стѣнокъ (тщательно выстроганное дерево, притертый цементъ) . . . . .	0,010	100
б) для стѣнокъ досчатыхъ . . . . .	0,012	83
в) Для стѣнокъ изъ тесаннаго камня или кирпича съ тща- тельно расшитыми швами . . . . .	0,013	77
г) Для стѣнокъ изъ бутоваго камня . . . . .	0,017	59
д) Для земляныхъ руселъ (рѣки, рѣчки) . . . . .	0,025	40
е) Для руселъ въ крупно гравелистомъ грунтѣ и съ за- рослями . . . . .	0,030	33

Если изобразить формулу Гангюлье и Куттера въ видѣ:

$$U = \frac{\alpha}{1 + \frac{\beta}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}, \text{ (для метровъ).}$$

$$\text{или } U = \frac{\alpha}{1,4607 + \frac{\beta}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}, \text{ (для саж.).}$$

получается слѣдующая таблица коэффициентовъ при  $n=0,025$  и  $n=0,030$ : то



Уклонъ <i>i</i>	Руслаземлян., каналы, ручьи и рѣки.		Русла камен. и съ зарос- лями.		Уклонъ <i>i</i>	Руслаземлян., каналы, ручьи и рѣки.		Русла камен. и съ зарос- лями.	
	<i>α</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>β</i>		<i>α</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>β</i>
0,000000	∞	∞	∞	∞	0,00015	73,3	0,833	66,7	1,000
0,000001	1613,0	39,325	1606,3	47,100	16	72,7	0,817	66,0	0,981
3	579,7	13,492	573,0	16,190	17	72,1	0,803	65,4	0,963
5	373,0	8,325	366,3	9,940	18	71,6	0,790	64,9	0,948
7	284,4	6,111	277,8	7,333	19	71,2	0,779	64,5	0,935
0,000010	218,0	4,450	211,3	5,340	20	70,7	0,769	64,1	0,922
15	166,3	3,157	159,7	3,790	30	68,2	0,704	61,5	0,845
20	140,5	2,512	133,8	3,015	40	66,9	0,672	60,2	0,806
25	125,0	2,125	118,3	2,550	50	66,1	0,652	59,4	0,783
30	114,7	1,867	108,0	2,240	60	65,6	0,640	58,9	0,767
35	107,3	1,682	100,6	1,019	70	65,2	0,630	58,5	0,756
40	101,7	1,544	95,1	1,852	80	64,9	0,623	58,3	0,748
45	97,4	1,436	90,8	1,723	90	64,7	0,618	58,0	0,741
50	94,0	1,350	87,3	1,620	0,00100	64,55	0,614	57,88	0,736
55	91,2	1,280	84,5	1,535	200	63,77	0,594	57,10	0,713
60	88,8	1,221	82,2	1,465	300	63,52	0,588	56,85	0,705
65	86,8	1,171	80,2	1,405	400	63,39	0,585	56,72	0,702
70	85,1	1,128	78,5	1,354	500	63,31	0,583	56,64	0,699
75	83,7	1,092	77,0	1,310	600	63,26	0,581	56,59	0,698
80	82,4	1,059	75,7	1,271	700	63,22	0,580	56,55	0,696
85	81,2	1,031	74,6	1,237	800	63,19	0,580	56,52	0,696
90	80,2	1,005	73,6	1,206	900	63,17	0,579	56,50	0,695
95	79,3	0,983	72,6	1,180	0,01000	63,15	0,579	56,48	0,694
0,00010	78,5	0,962	71,8	1,115	2000	63,08	0,577	56,41	0,692
11	77,1	0,927	70,4	1,113	3000	63,05	0,576	56,38	0,691
12	75,9	0,898	69,3	1,078	4000	63,04	0,576	56,37	0,691
13	74,9	0,873	68,2	1,047	5000	63,03	0,576	56,36	0,691
14	74,1	0,852	67,4	1,022	∞	63,00	0,575	56,33	0,690

Формулы Гангюлье и Куттера и Дарси-Базена даютъ почти одинаковыя величины для скоростей до тѣхъ поръ, пока  $R < 6$  мтр. При  $R > 6$  мтр. получается значительная разница, но тогда данныя формулы Гангюлье у Куттера сходятся съ результатомъ форм. Гумфрейса и Аббота и съ непосредственными измѣреніями на р. Миссисипи.

Такимъ образомъ изъ числа вышеприведенныхъ формулъ, формулы Гангюлье и Куттера, Гумфрейса и Аббота и Дарси-Базена—считаются болѣе точными.

Относительно указанныхъ формулъ слѣдуетъ замѣтить, что онѣ обнимаютъ далеко не всѣ случаи теченія воды въ рѣкахъ, такъ напримѣръ, вовсе неизвѣстны коэффиціенты  $C$  въ формулѣ Базена и  $n$  въ формулѣ Гангюлье и Куттера въ тѣхъ случаяхъ, когда теченіе происходитъ по разливамъ, покрытымъ обыкновенной травой, кустарникомъ или лѣсомъ, остаются-ли данныя коэффиціенты неизмѣнными въ тѣхъ случаяхъ, когда по меженному руслу проходятъ высокія воды. При высокихъ во-



дахъ живое сѣченіе разсматриваютъ состоящимъ изъ нѣсколькихъ отдѣльных частей, имѣющихъ болѣе или менѣе однородный характеръ, но при этомъ получается, что живое сѣченіе разсматриваемой части имѣетъ дно русла, въ то время какъ бока соприкасаются не съ грунтомъ, а непосредственно съ водами двухъ сосѣднихъ частей разлива. кромѣ того во время весенняго половодья воды становятся мутными и несутъ массу твердыхъ частицъ. Повидимому эти условія должны существеннымъ образомъ измѣнять коэффициенты шероховатости и вліять на величину средней скорости. Тѣмъ не менѣе за недостаткомъ болѣе точныхъ данныхъ, касающихся исключительно прохода весеннихъ водъ, приходится пользоваться этими формулами въ томъ видѣ, какъ онѣ даны.

Средняя скорость въ живомъ сѣченіи при различныхъ горизонтахъ можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ.

Изъ формулы Шези уклонъ

$$i = \frac{U^2}{C^2 R},$$

кромѣ того,  $U = \frac{Q}{\omega}$  и  $R = \frac{\omega}{p}$ , . . . . . (а)

слѣдовательно,

$$i = \frac{p Q^2}{C^2 \omega^3} \text{ и } Q = C \sqrt{\frac{i \omega^3}{p}} . . . . . (б)$$

Въ большихъ рѣкахъ глубина воды обыкновенно незначительна по сравненію съ шириной, поэтому можемъ принять  $p=b$ , затѣмъ  $\omega=bh$ , гдѣ  $h$ —средняя глубина, изъ ур. (а) слѣдуетъ при этомъ, что  $R=h$ , а изъ ур. (б).

$$i = \frac{Q^2}{C b^2 h^3} \text{ и } Q = C b \sqrt{i h^3} . . . . . (в)$$

Изъ ур. (в) опредѣляется расходъ воды при различныхъ горизонтахъ.

Раздѣливъ обѣ части ур. (в) на  $\omega=bh$ , получимъ выраженіе для среднихъ скоростей при различныхъ горизонтахъ:

$$U = C \sqrt{i h}.$$



II. Эмпирическія формулы для опредѣленія средней скорости всего живаго стѣненія  $U$  по наибольшей скорости на поверхности  $V$ .

Сохраняемъ принятія обозначенія.

1. ФОРМУЛА ВЕЙСБАХА.

$$U = 0,837 V.$$

2. ФОРМУЛА ЛАМЕЙЕРА.

$$U = 0,75 V$$

Слѣдуетъ замѣтить, что въ дѣйствительности постояннаго отношенія  $\frac{U}{V}$  не существуетъ; лучшіе результаты даетъ формула Базена при небольшихъ рѣкахъ, но и она можетъ быть примѣняема тамъ, гдѣ не требуется большой точности.

3. ФОРМУЛА БАЗЕНА.

Достаточно точные результаты въ нѣкоторыхъ случаяхъ даетъ формула

$$U = \frac{V}{1 + 14 \sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

По этой формулѣ составлена таблица отношеній  $\frac{U}{V}$  при различныхъ значеніяхъ  $R$ .

Таблица значеній  $\frac{U}{V}$

( $m$  — для метровъ;  $c$  — для сажень).

$R$		$\alpha=0,00015$ $\beta m=0,0000045$ $\beta c=0,0000021$	$\alpha=0,00019$ $\beta m=0,0000133$ $\beta c=0,0000062$	$\alpha=0,00024$ $\beta m=0,00006$ $\beta c=0,0000281$	$\alpha=0,00028$ $\beta m=0,00035$ $\beta c=0,0001640$	$\alpha=0,00040$ $\beta m=0,0007$ $\beta c=0,0003281$
Въ метр.	Въ саж.	Струганныя доски или цементъ.	Тесанная кладка или грубые доски.	Бутовая кладка.	Земля.	Гравій (щебень).
0,10	0,05	0,84	0,80	0,71	0,54	0,45
0,20	0,10	0,85	0,82	0,76	0,61	0,53
0,30	0,15	0,85	0,82	0,77	0,65	0,58
0,40	0,20	0,85	0,83	0,78	0,68	0,61
0,50	0,25	0,85	0,83	0,79	0,70	0,63
0,70	0,35	0,85	0,83	0,80	0,72	0,66
1,00	0,50	0,85	0,83	0,81	0,74	0,68
1,50	0,75	0,85	0,84	0,81	0,76	0,71
2,00	1,00	0,85	0,84	0,81	0,77	0,72
3,00	1,50	0,85	0,84	0,82	0,78	0,74
4,00	2,00	0,85	0,84	0,82	0,79	0,75
5,00	2,50	0,85	0,84	0,82	0,79	0,76
6,00	3,00	0,85	0,84	0,82	0,80	0,76



Нужно замѣтить, что вышеприведенныя формулы для отношенія  $\frac{U}{V}$  даютъ результаты, довольно сильно отличающіеся отъ получаемыхъ при непосредственныхъ наблюденіяхъ.

а) Если бы была измѣрена средняя скорость на поверхности, то для опредѣленія средней скорости всего сѣченія можно принять, что отношеніе средней скорости всего сѣченія къ средней скорости на поверхности есть величина довольно близко подходящая къ 0,93, т. е.

$$U = 0,93 V$$

б) Если были измѣрены скорости на половинѣ глубины равноотстоящихъ другъ отъ друга вертикалей, то, взявъ среднее арифметическое измѣренныхъ скоростей ( $\phi$ ), можно опредѣлить среднюю скорость всего живаго сѣченія по формулѣ Гребенау:

въ метрахъ

$$U = [\sqrt{1,08\phi + 0,00061m} - 0,02484\sqrt{m}]^2$$

$$\text{гдѣ } m = \frac{0,933}{\sqrt{R_1 + 0,457}},$$

въ саженьяхъ

$$U = [\sqrt{0,5062\phi + 0,00061m} - 0,02484\sqrt{m}]^2$$

$$m = \frac{0,6387}{\sqrt{R_1 + 0,2142^2}}; R_1 = \frac{\omega}{p + b}$$

Всѣ вышеприведенныя эмпирическія формулы для опредѣленія средней скорости всего сѣченія выведены изъ наблюденій надъ движеніемъ воды въ руслахъ болѣе или менѣе правильной формы, поэтому въ случаѣ живыхъ сѣченій неправильной формы ихъ слѣдуетъ разбивать на нѣсколько частей болѣе или менѣе однообразнаго характера (напр. выдѣлить главное русло, быстротоки по разливу, тихія мѣста разлива и пр.) и опредѣлить среднюю скорость для каждой изъ частей, а затѣмъ уже среднюю скорость всего сѣченія.

III. Эмпирическія формулы, выражающія зависимость между скоростью на поверхности  $U_0$  и средней скоростью  $U_n$  той же вертикали.

1. Наблюденія, произведенныя на Сѣверной Двинѣ и Вагѣ, позволяютъ заключить, что отношеніе  $\frac{U_n^*}{U_0}$  есть величина постоянная, именно

$$U_n = 0,88 U_0$$



2. По даннымъ Средне-Двинской описной партіи можно вывести такія отношенія между скоростями  $U_n$  и  $U_0$  (изъ 618 наблюденій):

$$\frac{U_n}{U_0} = 0,77 \text{ (min.)}; = 0,98 \text{ (max.)}; = 0,878 \text{ (средн.)}$$

### 3. ФОРМУЛА ВЕЙСБАХА.

$$U_n = 0,915 U_0$$

### 4. ФОРМУЛА ЛАМЕЙЕРА:

$$U_n = 0,937 U_0 - 0,0252 U^2 \text{ (метр.)};$$

$$U_n = 0,937 U_0 - 0,0118 U_0^2 \text{ (саж.)}$$

### 5. ФОРМУЛА ПРОНИ.

$$\frac{U_n}{U_0} = \frac{2,372 + U_0}{3,153 + U_0} \text{ (метр.)}; \quad \frac{U_n}{U_0} = \frac{1,1117 + U_0}{1,4778 + U_0} \text{ (саж.)}.$$

По формулѣ Прони:

при  $U_0 = 0,1; 0,25; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50; 3,00; 3,50; 4,00$  (метр.).

$$\frac{U_n}{U_0} = 0,76; 0,77; 0,79; 0,81; 0,83; 0,85; 0,86; 0,87; 0,88; 0,89;$$

при  $U_0 = 0,05; 0,15; 0,30; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00$  (саж.)

$$\frac{U_n}{U_0} = 0,76; 0,775; 0,79; 0,81; 0,83; 0,85; 0,865; 0,877; 0,886; 0,894.$$

Однако Баумгартенъ нашелъ, что эта формула при скоростяхъ болѣе 1,5 мтр. даетъ слишкомъ большія величины и вводитъ поэтому коэффициентъ 0,8 т.-е.

при  $U_0 > 1,5$

$$U_n = 0,8 \cdot \frac{2,372 + U_0}{3,153 + U_0} U_0 \text{ (метр.)} \quad U_n = 0,8 \frac{1,1117 + U_0}{1,4778 + U_0} U_0 \text{ (саж.)}$$

6. Слѣдующая формула даетъ хорошіе результаты:

при глубинѣ  $= h$ ,

$$U_n = \frac{1 + 0,2676\sqrt{h}}{2 + 0,4014\sqrt{h}} U_0 \text{ (метр.)} \quad U_n = \frac{1 + 0,3908\sqrt{h}}{2 + 0,5863\sqrt{h}} U_0 \text{ (саж.)}$$



IV. Эмпирическія формулы, выражающія зависимость между скоростью на поверхности  $U_0$  каждой вертикали и скоростью на определенной глубинѣ  $U_x$  или по дну  $U_s$  на той-же вертикали.

Принимаемъ обозначенія:

$h$  — полная глубина по вертикали;

$h_x$  — глубина, считая отъ поверхности, на которой опредѣляется скорость.

Тогда получаются слѣдующія зависимости:

#### 1. ФОРМУЛА ВЕЙСБАХА.

Вейсбахъ принимаетъ, что законъ измѣненія скоростей на одной и той же вертикали представляетъ прямую линію и даетъ слѣдующую формулу:

$$U_x = \left\{ 1 - 0,17 \frac{h_x}{h} \right\} U_0.$$

для скорости по дну при  $h_x = h$

$$U_s = 0,83 U_0.$$

Примѣч. Если  $U_0$  — наибольшая изъ скоростей на поверхности живого сѣченія, то средняя скорость всего сѣченія

$$U = 0,837 U_0,$$

и совпадаетъ довольно близко со скоростью по дну той-же вертикали.

#### 2. ФОРМУЛА ГУМФРЕЙСА И АБВОТА.

$$U_0 = U_s - \sqrt{0,1856 U_0 \left[ \frac{h_x}{h} \right]^2} \text{ (метр.)};$$

$$U_0 = U_s - \sqrt{0,08699 U_0 \left[ \frac{h_x}{h} \right]^2} \text{ (саж.)}.$$

Величина численнаго коэффициента 0,1856 годится только для большихъ рѣкъ; вообще говоря, этотъ коэффициентъ — величина переменная.

#### 3. ФОРМУЛА ГАГЕНА.

$$U_x = U_s + \sqrt{\frac{U_0 - U_s}{h} \cdot h_x} \text{ (метр.)}$$

$$U_x = U_s + \sqrt{\frac{U_0 - U_s}{h} \cdot 0,47 h_x} \text{ (саж.)}.$$



#### 4. ФОРМУЛА ЛАМЕЙЕРА.

$$U_x = \left[ h - \{ 0,1383 + 0,0469 h \} h_x \right] \frac{U}{h}, \text{ (метр.)}$$

$$U_x = \left[ h - \left\{ 0,1383 + 0,1 h \right\} h_x \right] \frac{U}{h} \text{ (саж.);}$$

гдѣ  $U$  — средняя скорость по той-же вертикали;

$$U_s = [0,8617 - 0,0169 h] U_0 \text{ (метр.);}$$

$$U_s = [0,8617 - 0,0361 h] U_0 \text{ (саж.).}$$

#### 5. ФОРМУЛА МОЛЕСВОРТА.

Для скоростей, выраженныхъ въ дюймахъ въ секунду:

$$U_s = \{ U_0 - 1 \} - 2\sqrt{U_0};$$

Средняя скорость

$$U = \{ U_0 + 0,5 \} - \sqrt{U_0},$$

приближенно:

$$U = 0,8 U_0.$$

Слѣдующая таблица даетъ величины скоростей по поверхности, по дну и среднія скорости для одной и той-же вертикали:

Скорости по поверхн.	Скорости по дну.	Средняя скорость.	Скорости по поверхн.	Скорости по дну.	Средняя скорость.
в ъ д ю й м а х ъ .					
4	1,0	2,5	52	38,5	45,2
8	3,3	5,6	56	42,0	49,0
12	6,0	9,0	60	45,0	52,7
16	9,0	12,5	64	49,0	56,5
20	12,0	16,0	68	52,5	60,2
24	15,0	19,5	72	56,0	64,0
28	18,4	23,2	76	59,5	67,7
32	21,6	26,8	80	63,1	71,5
36	25,0	30,5	84	66,6	75,3
40	28,3	34,1	88	70,2	79,1
44	31,7	37,8	92	73,7	82,8
48	35,1	41,5	100	81,0	90,5

Примѣчаніе. Для перевода дюймовъ въ метрич. мѣры саж. должно принимать:

1 дюймъ = 0,253995 десиметр.

1 „ = 0,011905 сажени.

1 десиметр. = 3,937080 дюйма.

1 „ = 0,046870 сажени.



Формулы эти применимы лишь при незначительных подпорахъ предъ сооруженіями, въ случаѣ большихъ подпоровъ скорость по дну будетъ болѣе опредѣленной по эмпирическимъ формуламъ; чѣмъ подпоръ больше, тѣмъ меньше будетъ разность между величинами скоростей въ разныхъ точкахъ сѣченія.

Результаты непосредственныхъ наблюденій надъ скоростями необходимо сравнивать съ получаемыми помощью эмпирическихъ формулъ; это сравненіе выяснитъ какими изъ вышеприведенныхъ формулъ слѣдуетъ пользоваться для рассматриваемой рѣки при опредѣленіи ея наибольшаго расхода и распредѣленія скоростей по живому сѣченію самыхъ высокихъ водъ.

Для самыхъ высокихъ водъ слѣдуетъ принимать (если нѣтъ другихъ, болѣе точныхъ указаній), что уклонъ горизонта водъ, общій характеръ распредѣленія скоростей по живому сѣченію и общій характеръ направленій теченій будутъ такіе-же, какъ для наблюдаемыхъ высокихъ водъ.

Если живое сѣченіе рѣки раздѣлить горизонтальными линіями  $HH_1$  на нѣсколько частей и опредѣлить скорости, соотвѣтствующія какой-либо горизонтали, затѣмъ отложить эти скорости въ опредѣленномъ масштабѣ въ видѣ ординатъ, принимая горизонталь за ось абсциссъ и соединить концы ординатъ плавной линіей, то получится нѣкоторая кривая, которая въ частномъ случаѣ, когда живое сѣченіе представляетъ совершенно правильную форму, имѣетъ видъ параболы; (черт. 4) ось параболы направлена въ такомъ случаѣ по фарватеру. Это было доказано наблюденіями Гумфрейса и Аббота надъ водами р. Миссисиппи. Если профиль живаго сѣченія представляетъ неправильную кривую, то и кривая скоростей имѣетъ неправильную форму при чемъ ордината, или скорость зависитъ отъ величины, соотвѣтствующей ей глубины (черт. 5).

Въ виду того, что по живому сѣченію скорости имѣютъ различныя величины, то самое наглядное представленіе о распредѣленіи скорости по жив. сѣч. дадутъ изотакіи, т. е. кривыя проведенныя на живомъ сѣченіи чрезъ точки, имѣющія одинаковыя скорости. Для проведенія изотакій вычерчиваютъ по линіямъ промѣровъ кривыя скоростей I, II, III, IV, V. Если изотакіи должны соединять точки, имѣющія скорости, положимъ 2, 3, 4 фута, то проводятъ по чертежамъ кривыхъ (I, II....V) вертикальныя прямыя линіи, отстоящія по масштабу скоростей по оси абсциссъ на 2, 3, 4 фута, точки пересѣченія этихъ прямыхъ съ кривыми скоростей, перенесенныя на живое сѣченіе, опредѣляютъ



намъ форму и положеніе линій живаго сѣченія, обладающихъ нѣкоторыми опредѣленными скоростями, т. е. изотакій (черт. 6). Вычерчиваніе изотакій кромѣ нагляднаго представленія о характерѣ теченія даетъ намъ возможность опредѣлять расходъ воды въ данномъ живомъ сѣченіи.

## 6. Опредѣленіе расхода и направленія теченія водъ.

Расходомъ воды называется вообще количество воды, протекающей черезъ данное поперечное сѣченіе въ единицу времени; поэтому, если назовемъ чрезъ

$Q$  — расходъ воды

$\omega$  — живое сѣченіе

$U$  — среднюю скорость,

то расходомъ воды будеть:

$$Q = \omega U.$$

Если опредѣлены глубины вертикалей въ нѣкоторомъ живомъ сѣченіи, а также среднія скорости, соотвѣтствующія этимъ вертикалямъ, то, принимая обозначенія:

$h_0, h_1, h_2 \dots h_n$  — глубины смежныхъ вертикалей,

$u_0, u_1, u_2 \dots u_n$  — соотвѣтствующія имъ среднія скорости,

$l_0, l_1, l_2 \dots l_{n+1}$  — разстояніе между вертикалями,

получаемъ величину расхода между двумя смежными вертикалями:

$$\left\{ h_0 u_0 + h_1 u_1 \right\} \frac{l_1}{2}.$$

Величина полного расхода будетъ равна суммѣ расходовъ между всѣми вертикалями, при чемъ скорости у береговъ принимаются равными нулю; слѣдовательно

$$Q = h_0 u_0 \frac{l_0}{3} + \left\{ h_0 u_0 + h_1 u_1 \right\} \frac{l_1}{2} + \left\{ h_1 u_1 + h_2 u_2 \right\} \frac{l_2}{2} + \dots + h_n u_n \frac{l_{n+1}}{3}$$

1. Въ большихъ рѣкахъ, имѣющихъ значительный разливъ, все живое сѣченіе раздѣляютъ на нѣсколько частей, такъ выдѣляютъ главное русло, — за тѣмъ отдѣльные водотоки по разливу; самый разливъ дѣлятъ на части, если онъ не представляетъ однообразнаго характера (одни части покрыты кустарникомъ, другія открыты, уклоны могутъ быть не одинаковы и проч.). Поэтому если живое теченіе разбито на



нѣсколько частей, площади которыхъ напр.  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  и т. д., подводные периметры  $p_1, p_2$  и т. д., то зная уклоны, соотвѣтствующіе выдѣленнымъ частямъ, можно опредѣлить по эмпирическимъ формуламъ среднія скорости  $u_1, u_2$  и т. д., а затѣмъ уже частные расходы  $\omega_1 u_1, \omega_2 u_2 + \dots$  и наконецъ полный расходъ

$$Q = \omega_1 u_1 + \omega_2 u_2 + \dots + \omega_n u_n$$

Если имѣются вычерченныя на живомъ сѣченіи изотахія, то измѣряя планиметромъ или другими способами площади, ограниченныя этими изотахіями и горизонтомъ воды, положимъ  $\omega, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$ , при чемъ площадь  $\omega$  соотвѣтствуетъ изотахія  $I$  при скорости  $U$ , разность между скоростями двухъ смежныхъ изотахій— $d$  и разность между наибольшей скоростью теченія и наибольшей скоростью изотахій— $D$ , расходы воды живаго сѣченія выразятся формулой:

$$Q = \omega U + \left\{ \frac{\omega_1 + \omega_n}{2} + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_{n-1} \right\} d + \frac{\omega_n D}{3}.$$

2. Опредѣленіе наибольшаго расхода рѣкъ, воды которыхъ подпираются со стороны магистральной рѣки, для которой изслѣдуемая служить притокомъ, должно быть производимо съ особенною осторожностью.

Перемены горизонта воды ниже проектируемаго сооруженія влекутъ за собой измѣненія уклона, скорости и расхода воды сквозь отверстие.

Такъ какъ отверстие сооруженія назначается съ такимъ расчетомъ, чтобы возможный подмывъ, если онъ допускается, не превосходилъ нѣкоторой опредѣленной величины, то и повѣрку достаточности отверстия необходимо сдѣлать для слѣдующихъ двухъ положеній:

- 1) для пропуска наибольшаго расхода собственныхъ водъ.
- 2) для пропуска воды, могущей скопиться выше сооруженія отъ вліянія подпора.

Въ первомъ случаѣ вся задача состоитъ въ томъ, чтобы опредѣлить наибольшій расходъ собственныхъ водъ, который можетъ быть не при самомъ высокомъ горизонтѣ, а нѣсколько низшемъ. Расходъ  $Q$ , составляя функцію отъ двухъ переменныхъ величинъ:  $\omega$ —площади живаго сѣченія и  $U$ —средней скорости, достигаетъ своего maximum'a, когда произведеніе  $\omega U$  будетъ наибольшей величиною, въ этомъ произведеніи  $\omega$  увеличивается во все время постепеннаго поднятія горизонта водъ рѣки, что-же касается величины  $U$ , то она можетъ возрастать при поднятіи водъ до нѣкотораго опредѣленнаго горизонта, а



при дальнѣйшемъ поднятіи можетъ отъ вліянія подпора уменьшаться и даже сдѣлаться отрицательною величиною при существованіи обратнаго теченія, именно когда поднятіе водъ магистральной рѣки ниже проектируемаго сооруженія, въ единицу времени, сдѣлается больше такого-же поднятія горизонта изслѣдуемой рѣки выше сооруженія отъ притока собственныхъ водъ.

Опредѣленіе постепеннаго измѣненія скорости непосредственнымъ наблюденіемъ представляетъ значительныя трудности, поэтому достаточно ограничиться наблюденіемъ на водомѣрныхъ постахъ измѣненій горизонта и уклона по поверхности воды, на основаніи этого уклона по эмпирическимъ формуламъ опредѣлить соотвѣтствующія скорости  $n$ , затѣмъ, изъ сравненія расходовъ  $\omega_1$ ,  $u_1$ ,  $\omega_2$ ,  $u_2$ ,  $\omega_3$ ,  $u_3$  и пр. найти  $\max. Q$ . (Достаточно устроить для этого два поста).

Величину этого расхода слѣдуетъ повѣрить изслѣдованіемъ расходовъ той-же рѣки по профили лежащей выше, въ такомъ мѣстѣ, гдѣ вліяніе подпора уже дѣлается не ощутительнымъ. Если между искусственнымъ сооруженіемъ и этой профилею существуютъ притоки, то и для нихъ, выше вліянія подпора, должно быть сдѣлано опредѣленіе расходовъ; повѣрка общаго расхода  $\max. Q$  дѣлается по сравненію его съ совокупностью расходовъ рѣки и ея притоковъ.

Для рѣшенія задачи, поставленной во 2-мъ пунктѣ, необходимо выяснить для магистральной рѣки величину пониженія горизонта высокихъ водъ  $h$  въ единицу времени отъ постепеннаго спада водъ и затѣмъ въ зависимости отъ соотвѣтствующаго уклона и живаго сѣченія пересѣкаемой рѣки, опредѣлить расходъ воды.

Большая изъ двухъ полученныхъ величинъ расхода должна быть принята при назначеніи отверстія искусственнаго сооруженія.

Въ этомъ случаѣ, однако, кромѣ наибольшаго расхода, весьма важно опредѣлить расходъ, соотвѣтствующій наибольшей скорости. При пониженіи горизонта воды около сооруженія, величины  $Q$  и  $\omega$  будутъ убывать, но уклонъ водъ и средняя скорость могутъ при этомъ увеличиваться; еще быстрѣе при пониженіи горизонта и увеличеніи уклона будетъ возрастать скорость по дну. Поэтому достаточность назначаемаго отверстія нужно провѣрить еще при нѣкоторомъ промежуточномъ горизонтѣ, соотвѣтствующемъ наибольшей скорости по дну.

3. Выше было замѣчено, что наибольшій расходъ рѣкъ съ бассейнами болѣе 50 кв. верстъ находится въ зависимости отъ таянія снѣговъ, для рѣчекъ съ бассейнами менѣе 50 кв. верстъ—въ зависимости отъ ливней. Въ виду всего изложеннаго при разсмотрѣніи бассейновъ, горизонтовъ водъ, уклоновъ, живыхъ сѣченій и скоростей и только что указанныхъ способовъ подсчета расходовъ, опредѣленіе расходовъ рѣкъ



съ бассейнами болѣе 50 кв. верстъ не требуетъ дальнѣйшихъ поясненій; остается сказать нѣсколько словъ объ опредѣленіи расходовъ водотоковъ малыхъ бассейновъ—менѣе 50 кв. верстъ.

Для бассейновъ, площадь которыхъ менѣе 50 кв. верстъ, согласно циркуляра Министерства Путей Сообщенія отъ 16 іюня 1884 года, за № 5167, притокъ воды къ сооруженію въ единицу времени должно опредѣлять, руководствуясь нормами Köstlin'a \*), по коимъ расходъ вычисляется по формулѣ:

$$Q = 1,875 PL, \dots \dots \dots (A)$$

гдѣ  $Q$  — искомый притокъ воды къ сооруженію въ 1 секунду въ куб. саж.,

$P$  — бассейнъ въ кв. верстахъ,

$L$  — численный коэффициентъ, величина котораго для бассейновъ длиною до 3,5 верстъ . . . . .  $\frac{1}{2}$

для бассейновъ длиною отъ 3,5 до 7 верстъ — отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{1}{4}$

„ „ „ „ 7 „  $10\frac{1}{2}$  „ . . . „  $\frac{3}{16}$

„ „ „ „  $10\frac{1}{2}$  „ 14 „ . . . „  $\frac{1}{8}$

„ „ „ „ 14 „  $17\frac{1}{2}$  „ . . . „  $\frac{1}{16}$

При чемъ для бассейновъ, уклонъ которыхъ менѣе 0,005, коэффициентъ  $L$  можетъ быть уменьшенъ на половину.

Весьма удобно пользоваться нормами Tiefenbacher'a, который видоизмѣнилъ данныя Köstlin'a, составивъ таблицу, показывающую количество воды, притекающей къ сооруженію въ 1 сек. съ каждой кв. версты бассейна. Количество это измѣняется въ зависимости отъ длины бассейна.

Длина бассейна.		Количество притек. воды	
до 4 верстъ	. . . . .	0,824	кб. саж.
отъ 4 до 8 „	. . . . .	0,608—0,412	„ „
„ 8 „ 12 „	. . . . .	0,304	„ „
„ 12 „ 16 „	. . . . .	0,206	„ „
свыше 16 „	. . . . .	0,103	„ „

\*) Прим. Сост. Надо замѣтить, что нормы Köstlin'a составлены для пропуска воды, получающейся отъ ливней, поэтому и даютъ значительныя величины расхода водъ, очевидно что не всѣ мѣстности Россіи находятся въ одинаковыхъ условіяхъ по отношенію ливней, такъ, напримѣръ, для сѣверной полосы гдѣ ливней не бываетъ, мѣстность равнинная, болотистая и покрыта лѣсами, то и нормы Köstlin'a могутъ быть уменьшены. Въ такихъ случаяхъ необходимо опредѣлять расходъ  $Q$ , предполагая продолжительность дождя 24 часа, при  $q$  — количествѣ литровъ воды, притекающихъ съ 1 гектара въ секунду—6,5 до 1, см. стр. 37.

Для линіи Волог.-Арханг. разрѣшено Депар. уменьшить нормы Köstlin'a вдвое, а при уклонѣ бассейна менѣе 0,005—уменьшить въ четыре раза.



Для пологихъ мѣстностей нужно принять количества воды вдвое меньшія.

Для опредѣленія горизонта, до котораго должна подняться вода въ рѣчкѣ или оврагѣ, чтобы расходъ сдѣлался равнымъ найденному изъ формулы (А), нужно задаться на профили перехода рѣчки или оврага примѣрною высотой горизонта, опредѣлить въ зависимости отъ нея площадь живаго сѣченія— $\omega$  и его подводный периметръ— $p$ , принять уклонъ, опредѣленный при наблюденіяхъ надъ высокими водами оврага, за уклонъ водъ, соотвѣтствующій выбранному горизонту и опредѣлять по одной изъ вышеприведенныхъ эмпирическихъ формулъ (напр. Гангюльме и Куттера, Дарси-Базена) среднюю скорость  $u$ ; если произведение  $\omega \times u$  будетъ равна заданному расходу, то назначенный горизонтъ нужно считать вѣрнымъ, въ противномъ случаѣ назначить новый горизонтъ и повторить снова указанные вычисленія.

Расходъ ручьевъ, бассейны которыхъ близки къ 50 кв. верстамъ (больше или меньше ихъ), опредѣленный по формулѣ Köstlin'a или же по наибольшему горизонту весеннихъ водъ, слѣдуетъ проверить непосредственнымъ подсчетомъ на ливень. Для этого нужно выдѣлить ту часть бассейна, съ которой стекающая вода усиѣваетъ достигнуть сооружения до прекращенія ливня и примѣнить для выдѣленной части нормы ливня (продолжительность 2 часа, интенсивность 0,016 миллиметровъ въ секунду при отсутствіи потери черезъ испареніе, поглощеніе почвою и пр.) \*); прибавляя расходъ при меженномъ горизонтѣ (предполагается, что ливней во время высокихъ водъ не бываетъ), получаютъ искомый наибольшій расходъ.

Чтобы выдѣлить требуемую часть бассейна, нужно знать скорости движенія воды во время ливня по главному тальвегу и его склонамъ, а также по второстепеннымъ тальвегамъ (притокамъ) и ихъ склонамъ, но такъ какъ опредѣленіе всѣхъ этихъ скоростей слишкомъ затруднительно, то достаточно опредѣлить скорости только для главнаго тальвега. Для этого опредѣляютъ поперечныя сѣченія и уклоны тальвега вблизи моста, а также въ 2—3 мѣстахъ (примѣрно въ 2,3½ и 5 верстахъ) выше сооружения, и, нанеся на снятыхъ профиляхъ горизонтъ высокой воды (замѣченный по оставленнымъ ею слѣдамъ, —или другимъ какимъ либо образомъ), опредѣляютъ скорости въ соотвѣтствующихъ сѣченіяхъ. Примемъ полученные скорости за скорости движенія воды при окончаніи ливня; скоростями-же при началѣ ливня будутъ—наблюденныя при меженномъ горизонтѣ; среднія изъ соотвѣт-

\*) Нормы Златоустовской ж. д.



ствующихъ скоростей при началѣ и концѣ ливня можно принять за среднія скорости движенія воды въ разсматриваемыхъ сѣченіяхъ за время ливня; зная ихъ, можно составить приблизительный законъ измѣненія скоростей по главному тальвегу и опредѣлить длину пути, проходимого по главному тальвегу частицею воды за время ливня; нанося эту длину соотвѣтствующимъ образомъ на карту, опредѣлимъ приблизительно наиболѣе отдаленную точку тальвега, съ которой вода успѣваетъ достигнуть сооруженія до прекращенія ливня, проведя чрезъ найденную точку линію перпендикулярную къ направленію тальвега, выдѣлимъ ею (приблизительно) требуемую часть бассейна. Остается ввести для этой части нормы ливня и прибавить расходъ меженныхъ водъ, чтобы получить приблизительную величину искомаго расхода. Скорость, опредѣленная по этому расходу, уклону и поперечному сѣченію у моста, всегда будетъ нѣсколько отличаться отъ опредѣленной раньше для высокой воды, и если разность между этими скоростями будетъ велика, то слѣдуетъ опредѣлить скорости и въ другихъ сѣченіяхъ, разсматривая ихъ такъ, какъ разсматривали раньше мостовое сѣченіе, и повторить расчетъ при новыхъ скоростяхъ.

По Винклеру, главная инспекція Австрійскихъ ж. д. для опредѣленія расхода воды отъ ливней принимала слѣдующія скорости притеканія по долинамъ:

при уклонѣ	скорость
$i$ болѣе 0,01	$v = 3,5$ метр.
„ 0,01—0,005	„ 3,1 „
„ менѣе 0,005	„ 2,1 „

Означенныя скорости повидимому велики.

Въ Германіи принимаютъ слѣдующія данныя:

Если бассейнъ представляетъ собою приблизительно растянутый четырехугольникъ и принять обозначенія:

$a$  — ширина бассейна въ метр.

$l$  — длина „ „ „

$t$  — продолжительность дождя въ секундахъ.

$q$  — количество литровъ воды притекающей съ 1 гектара въ секунду:

*Примѣч.* При дождѣ (продолжительность 24 часа) . . .  $q = 8\psi$  sl.

„ ливнѣ (продолжительность 20—30 минутъ)  $q = 150\psi$  sl. для Сѣвер. Герм.

(въ секундо-метрахъ) „ 170 $\psi$  „ для Южн. Герм.

„ 180—200 $\psi$  sl. для Швейцаріи.



гдѣ  $\psi$  — коэффициентъ выражающій зависимость отъ состоянія поверхности грунта:

для центровъ большихъ городовъ . . . . .	$\psi = 0,7 - 0,9$
„ предмѣстій (нов. част. город.) . . . . .	0,5 — 0,7
„ дачныхъ мѣстъ. . . . .	0,3 — 0,5
„ незастроенныхъ площадей . . . . .	0,1 — 0,3
„ садовъ, нивы, полей (зав. отъ укл.) . . . . .	0,05—0,2
„ мѣстъ, покрытыхъ лѣсами . . . . .	0,01—0,1

$v$  — скорость теченія воды по долину;

тогда при  $l < vt + \frac{a}{2}$ ,

притокъ воды въ куб. метрахъ

$$Q = \frac{avtq}{1000 \times 10000};$$

при  $l < vt$

$$Q = \frac{alq}{1000 \times 10000};$$

По наблюденіямъ Ламейера и Гагена въ мѣстностяхъ покрытыхъ отчасти лѣсомъ, и при грунтѣ способномъ впитывать въ себя воду получается для рѣкъ наибольшій притокъ воды съ одного квадратнаго километра бассейна въ секунду:

въ горной мѣстности	0,30—0,45 куб. м.
въ гористой „	0,20—0,25 „
въ холмистой „	0,15—0,17 „
въ равнинной „	0,10—0,12 „

4. Если на рѣкѣ или ея притокахъ имѣются водоудержательныя плотины, то случается иногда, что горизонтъ самыхъ высокихъ весеннихъ водъ бываетъ ниже караваннаго \*) или-же горизонта, соответствующаго прорыву плотины, на это обстоятельство должно быть обращено особенное вниманіе при назначеніи отверстія искусственнаго сооруженія. Для караванныхъ водъ должны быть собраны слѣдующія свѣдѣнія: время и продолжительность пусканія валовъ (иногда валы пускаютъ нѣсколько разъ въ годъ), толщина пускаемыхъ валовъ, время, въ теченіи котораго горизонтъ воды подымается до караваннаго, уклонъ воды и скорость движенія валовъ, вмѣстѣ съ тѣмъ должно быть выяснено какому расходу, опредѣляя его по открытымъ въ плотинѣ отверстиямъ и горизонтомъ воды у плотины (или плотинъ, если ихъ нѣ-

\*) Караваннымъ горизонтомъ называется тотъ, который получается при открытіи плотинъ весной для достиженія большей глубины рѣки при движеніи по ней груженыхъ барокъ цѣлыми караванами. Златоуст. ж. д.



сколько), соотвѣтствуетъ тотъ или другой горизонтъ въ мѣстѣ перехода. Если прорывы плотинъ уже случались на разсматриваемой рѣкѣ, то должны быть собраны свѣдѣнія о горизонтѣ воды въ мѣстѣ перехода, соотвѣтствующемъ прорыву плотины (одной, двухъ и т. д. какихъ именно), а также свѣдѣнія о величинѣ отверстія (или отверстій), чрезъ которое происходитъ расходъ во время прорыва и соотвѣтствующей этому расходу разности горизонтовъ въ водохранилищѣ и ниже плотины; опредѣленный по этимъ послѣднимъ даннымъ расходъ долженъ быть сравненъ съ расходомъ, который найдется по живому сѣченію въ мѣстѣ перехода и скорости соотвѣтствующей данному горизонту и уклону, принимая послѣдній равнымъ уклону весеннихъ или караванныхъ водъ.

Сравненіе означенныхъ расхоловъ покажетъ насколько достовѣрны собранныя данныя о прорывѣ плотины, конечно, при этомъ большимъ подспорьемъ являются наблюденія надъ весенними водами. вмѣстѣ съ тѣмъ должны быть собраны свѣдѣнія о размѣрахъ и объемахъ водохранилищъ, о количествѣ притекающей къ нимъ воды при самыхъ благопріятныхъ для сего условіяхъ и повышенія горизонта водохранилищъ вслѣдствіе такого притока, но при закрытыхъ отверстіяхъ, о величинѣ отверстій, чрезъ которыя можетъ происходить расходъ скопляемый водохранилищемъ воды, о живомъ сѣченіи въ мѣстѣ расположенія плотины, высотѣ ея гребня; всѣ эти данныя, въ связи со свѣдѣніями, добытыми отъ старожиловъ о происходившихъ прорывахъ, помогутъ выяснить расходъ, соотвѣтствующій прорыву плотинъ.

Общій характеръ направленія теченій весеннихъ водъ опредѣляется по плану весенняго разлива, снятому на возможно большемъ протяженіи вверхъ и внизъ отъ мѣста перехода; направленіе фарватера обыкновенно соотвѣтствуетъ линіи наибольшей глубины; непосредственное опредѣленіе направленія теченія дѣлается помощью поплавковъ. Когда такой поплавокъ, пущенный на рѣку, перемѣщается, замѣчаютъ его послѣдовательныя положенія на рѣкѣ помощью угломерныхъ инструментовъ; затѣмъ если нанести на планъ наблюденныя положенія и соединить ихъ линіей, получимъ направленіе теченія водъ рѣки.

## 7. Планъ разлива.

Для выбора направленія моста необходимо бываетъ составить планъ весенняго разлива. На планѣ вычерчиваются линіи равныхъ глубинъ, обозначается направленіе главнаго весенняго теченія и направленія



водотоковъ по разливу.—Мостъ стараются расположить нормально въ направленію главнаго весенняго теченія и, по возможности, симметрично относительно его оси, при этомъ иногда приходится отклонять меженнее русло, проектировать стремленіе русла и пр.

## 8. Опредѣленіе геологическаго разрѣза.

Для опредѣленія качества грунта, характера напластованій и глубины залеганія материка должны быть произведены зондировки въ мѣстахъ предполагаемаго расположенія опоръ, а также между ними; затѣмъ полученныя данныя буровыхъ скважинъ наносятся на поперечной профили рѣки въ нѣкоторомъ опредѣленномъ масштабѣ. Точки различныхъ скважинъ, отдѣляющія одинаковые грунты, соединяются между собою прямыми и такимъ образомъ получается общій характеръ напластованій.

Въ чертежахъ (фиг. 6) показаны образцы графическаго изображенія буровыхъ скважинъ и различнаго рода грунтовъ.

Кромѣ этого необходимо собрать данныя о подвижности дна, т. е. образуются ли въ руслѣ размывы, отложенія наносовъ, — насколько постоянными оказываются берега рѣки и не имѣетъ ли она стремленія отдалиться отъ своего нынѣшняго положенія.

## 9. Планъ бассейна.

При каждомъ проектѣ моста долженъ быть представленъ планъ бассейна рѣки, находящейся выше искусственнаго сооруженія.

Составленіе плана для малыхъ бассейновъ дѣлается непосредственной съемкой, если не имѣется географическихъ картъ въ достаточно большомъ масштабѣ; для большихъ бассейновъ ограничиваются опредѣленіемъ бассейна по картѣ масштаба 10 верстъ въ 1 дюймѣ. Величину площади, въ такомъ случаѣ, опредѣляютъ или планиметромъ, или вычисленіемъ, разбивая площадь на треугольники и т. п. простыя фигуры.

Кромѣ общезвѣстнаго планиметра Амслера для измѣренія площадей можно пользоваться недавно появившимся *планиметромъ Притца* (Plytz, U. Le planimètre hachette ou le stang—planimètre. Fabricant C. Knudsen, Copenhagen. Impr. de Hoffensberg. 1894). Инструментъ состоитъ изъ стального никелированнаго бруска съ загнутыми концами, см. черт. 7. Одинъ конецъ отточенъ въ видѣ топорика; другой конецъ снабженъ притупленнымъ штифтомъ. Разстояніе между среднею точкою острія топорика и концомъ штифта  $p=1$  футу=25,2 снт. При опредѣ-



леніи площадки какой-либо фигуры прежде всего намѣчаютъ приблизительно центръ тяжести данной фигуры и соединяютъ его прямою съ какою-либо точкою кривой, ограничивающей искомую площадь. Наибольшій діаметръ искомой площади не долженъ превышать половины разстоянія между остріями, т.-е.  $D_{max} < \frac{p}{2}$ ; въ противномъ случаѣ приходится рисунокъ разбить на соотвѣтствующее число отдѣльныхъ фигуръ и каждую измѣрять порознь.

Для измѣренія устанавливають штифтъ на центрѣ тяжести данной фигуры, а топорикъ на бумагѣ, неподвижно связанной съ рисункомъ, при чемъ надавливають слегка на обухъ топорика, чтобы топорикъ сдѣлалъ своимъ остриемъ отмѣтку на бумагѣ. Затѣмъ ведутъ штифтомъ изъ центра по прямой до контура и идутъ, придерживаясь направленія часовой стрѣлки, по всей кривой вплоть до исходной точки и когда достигнутъ центра, то нажимая на топорикъ, снова отбивають отмѣтку. Разстояніе между первой и второй отмѣтками измѣряется по масштабу. Затѣмъ поворачивають рисунокъ на  $180^\circ$  и производять второе измѣреніе снова исходя изъ центра, но по фигурѣ двигая копировку обратно движенію часовой стрѣлки, при чемъ до начала движенія и по окончаніи отбивають топорикомъ отмѣтки, а затѣмъ измѣряють разстояніе между ними.

При обводкѣ нужно стремиться не вращать произвольно инструмента, чтобы движеніе топорика происходило только по направленію оси прибора. Лучше поэтому надѣвать на штифтъ стеклянную трубочку въ которой онъ могъ бы свободно вращаться.

На основаніи извѣстной теоремы геометріи, (см. черт. 8)  $Q = p^2\phi + B_1$ , или  $Q = p^2\phi - B_2$ , при обводѣ въ ту или другую сторону; иначе,  $Q = p^2\phi + \frac{1}{2}(B_1 - B_2)$ . Если бы была извѣстна точка для которой  $B_1 = B_2$ , то получилось бы точное и простое выраженіе искомой площади  $Q = p^2\phi$ . Авторъ доказываетъ, что эта точка находится весьма близко къ центру тяжести, а ошибка при неточномъ опредѣленіи центра тяжести исключається вращеніемъ фигуры на  $180^\circ$ . Окончательный результатъ получается, такимъ образомъ, по формулѣ:

$$Q = \frac{C_1 + C_2}{2} \cdot p \left( 1 - \frac{r^2}{4p^2} \right) - (\epsilon)$$

гдѣ  $C_1$  и  $C_2$  разстояніе между отмѣтками топорика въ первомъ и второмъ случаѣ.



$r$ —разстояніе отъ центра тяжести до контура фигуры.

$p$ —разстояніе между остріями инструмента  $= 1$  фт.  $= 25,2$  снт.

$\varepsilon$ —ошибка при измѣреніи, не превосходящая  $\left(\frac{r}{p}\right)^4$ .

## 10. Свѣдѣнія о судоходствѣ.

Свѣдѣнія о судоходствѣ должны преимущественно относиться къ характеру судоходства, времени, въ теченіи котораго оно происходитъ, размѣрамъ судовъ, глубинѣ осадки ихъ, высотѣ такелажа.

Всѣ данныя эти необходимы какъ для возможности установить правильно опоры моста, такъ и для опредѣленія необходимаго возвышенія фермъ надъ горизонтомъ самыхъ высокихъ водъ.





## РАЗСЧЕТЫ ОТВЕРСТІЙ ИСКУССТВЕННЫХЪ СООРУЖЕНІЙ.

При проектированіи искусственнаго сооруженія допускаются слѣдующія наибольшія скорости протеканія воды.

Наибольшая скорость по дну.

1. Въ трубахъ: изъ каменной кладки на растворѣ . . . . . 14';  
„ изъ бетона по системѣ Монье . . . . . 14';  
„ изъ дерева, квадратнаго или треугольнаго сѣченія . . . . . 14';  
„ чугунныхъ круглаго сѣченія . . . . . 20';

2. Въ мостахъ малыхъ отверстій:

при укрѣпленіи лотковъ одиночной мостовой . . . . . 7';  
если слой протекающей воды не болѣе 0,1—0,15 саж., то  
при укрѣпленіи одиночной мостовой скорость можетъ быть  
допущена до . . . . . 8';  
при укрѣпленіи лотковъ двойной мостовой . . . . . 10';  
„ „ „ „ кладкой на растворѣ . . 14';  
„ устройствъ деревянныхъ лотковъ . . . . . 20';

3. Для скорости воды, притекающей къ сооруженію, принимаютъ, что она ни въ коемъ случаѣ не должна быть больше скорости, допущенной въ сооруженіи, а если грунтъ ложа не соотвѣтствуетъ притекающей скорости, то входные лотки укрѣпляютъ мостовой, рядами съ каменной наброской,



плетнями съ засыпкой камнемъ, и вообще въ зависимости отъ мѣстныхъ условій грунта и допускаемыхъ скоростей въ сооруженіи.

Вообще если скорость притекающей воды болѣе той, какую желательно было бы, по разнымъ соображеніямъ, допустить, то слѣдуетъ проектировать каскады изъ ряжей, плетней, сухой кладки и пр. и подводить воду къ сооруженію канавами, рассчитывая ихъ сѣченія и уклоны, и укрѣпляя ихъ ложе сообразно съ расходомъ и скоростью притекающей воды.

4. Выходные лотки укрѣпляютъ соответственно скорости, мостовой, отсыпями, ряжами съ засыпкой камнемъ, плетнями съ каменной засыпкой, лотками и пр.
5. Въ мостахъ большихъ отверстій не укрѣпляютъ русла, поэтому скорость по дну допускается въ зависимости отъ рода грунта и величины желаемого размыва.

Относительно скоростей которыя вообще могутъ быть допускаемы въ неукрѣпленныхъ руслахъ искусственныхъ сооружений, необходимо замѣтить слѣдующее. Рѣки въ большинствѣ случаевъ обладаютъ на столько значительными уклонами, что развивающаяся при высшихъ водахъ скорость, приводитъ въ движеніе тотъ матеріалъ, изъ котораго состоитъ русло. Поэтому происходитъ то, что называется движеніемъ дна, т. е. частицы ложа рѣки постепенно перемѣщаются съ нѣкоторой определенной скоростью внизъ по теченію. Если русло имѣетъ болѣе или менѣе прямолинейное направленіе и одинаковое живое сѣченіе, то и перемѣщеніе частицъ происходитъ равномернo и одновременно по всему руслу, размыва дна и образованія значительныхъ омутовъ не наблюдается, потому что взаимны снесенныхъ частицъ поступаютъ новыя, находившіяся выше. Разрушаются только крутые берега, теряющіе подъ собой точки опоры. Отсюда вытекаетъ то, что въ искусственныхъ сооруженияхъ можно допускать скорости, повидимому немного несоотвѣтствующія характеру грунта, при условіи, что рѣка будетъ приведена хорошо укрѣпленными струенаправляющими дамбами къ формѣ правильнаго канала.

По наблюденіямъ Франціуса движеніе грунта становится уже замѣтнымъ, если средняя скорость достигаетъ слѣдующихъ величинъ:

тончайшій песокъ и плъ. . . . .	при 0,5 метр.
обыкновенный песокъ . . . . .	„ 1,0 „
плотный глинистый или крупный песокъ „	1,5 „
гравій и плотная глина . . . . .	„ 2 „



Для каналовъ съ неукрѣпленными берегами и откосами эти скорости велики, хотя слѣдуетъ замѣтить, что это среднія скорости, а скорости по дну будутъ меньше (0,8—0,7) и въ мостахъ онѣ могутъ быть допускаемы.

По наблюденіямъ Suchier 1874 года (Döll. Deutsche Bauz. 1883, S. 312) при скоростяхъ на высотѣ 0,05 метр. отъ дна, грунтъ находился въ состояніи покоя, если скорости не превышали слѣдующихъ величинъ.

крупный песокъ . . . . . при 0,748 мтр.

мелкій гравій . . . . . „ 0,923 „

крупный гравій, галька . . „ 1,123 „

мелкій камень (1 кило) . . „ 1,589 „

средній камень (2,5 кило) . „ 1,800 „

крупный камень . . . . . „ 2,063 „

По другимъ наблюденіямъ (Jhon 1879, Jan. S. 67) скорость по дну не должна превышать слѣдующихъ величинъ, если дно представляетъ:

мелкій подвижной песокъ . . . . . 0,76 м. (2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фута)

средній обыкновенный песокъ . . 0,84 „ (2<sup>3</sup>/<sub>4</sub> „ )

глинистый грунтъ . . . . . 0,91 „ (3 „ )

гравій и плотный грунтъ . . . . 1,22 „ (4 „ )

Дюбуа опредѣлялъ какой величины сыпучій матеріалъ можетъ уноситься теченіемъ опредѣленной скорости при этомъ получилось, что матеріалъ опредѣленныхъ размѣровъ не уносится при слѣдующихъ скоростяхъ:

Матеріалъ.	Скорость.	Диаметръ отдѣльныхъ зеренъ.
Горшечная глина . . .	0,081 мтр.	0,0002 мтр.
Мелкій песокъ . . . .	0,108	0,0005
Крупный песокъ . . .	0,217	0,0015
Гравій . . . . .	0,650	0,020
Крупный гравій . . .	0,750	0,040
Галька . . . . .	1,000	0,04—0,05
Камень округленный .	2,000	0,20
Большой камень . . .	5,000	1,00

Однако выкопанныя каналы въ соответствующихъ грунтахъ требовали значительно большихъ скоростей для того, чтобы началось движеніе грунта; это объясняется тѣмъ, что при наблюденіяхъ частицы матеріала подвергались динамическому давленію воды по всей ихъ



поперечной площади въ то время, какъ въ грунтѣ, въ естественныхъ условіяхъ, матеріалъ находится въ сплоченномъ состояніи и только нѣкоторая часть поверхности этихъ частицъ испытываетъ давленіе.

Въ рѣкахъ съ глинистымъ и илистымъ русломъ при очень малыхъ скоростяхъ наблюдается обыкновенно значительная глубина съ крутыми откосами вслѣдствіе того, что наносы отсутствуютъ, а самый грунтъ растворяется водой и уносится.

По наблюденіямъ Sainjon'a въ 1862 году въ песчаномъ руслѣ при скорости превышавшей 1 метр. размыва и постоянного движенія дна не замѣчалось. Перемѣщались только сильно выдающіяся изъ дна песчаные зерна при томъ неравномѣрно, а именно: въ теченіи 24 часовъ

при скоростяхъ. . . . . 0,59 0,74 0,84 1,015 метр.

перемѣщеніе составляло . 2,62 5,09 6,32 10,28 метр.

Вышеприведенные результаты наблюденій даютъ намъ возможность составить для искусственныхъ сооружений слѣдующую таблицу:

Таблица наибольшихъ допускаемыхъ скоростей.

НАИМЕНОВАНИЕ ГРУНТА.	Скорости въ метр.		
	По поверхности	Среднія.	По дву.
Иловатая земля . . . . .	0,16	0,13	0,10
Жирная глина очень слабая . . . . .	0,32	0,27	0,20
Мелкій, подвижной рѣчной песокъ . . . . .	0,80	0,66	0,50
Обыкновенный песокъ или глина . . . . .	1,27	1,06	0,80
Плотный песокъ съ гравіемъ . . . . .	1,60	1,33	1,00
Плотная глина или галька . . . . .	1,92	1,60	1,20
Галька съ камнемъ или глиной . . . . .	2,30	1,90	1,40
Дно покрыт. крупн. камнемъ . . . . .	2,56	2,13	1,60
Слоистыя горныя породы, разрушенныя . . . . .	3,20	2,66	2,00
” ” ” неразрушенныя . . . . .	4,82	4,00	3,00
Скалистый грунтъ . . . . .	6,54	5,33	4,00

Принятые скорости хотя и могутъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ пере-мѣщать отдѣльныя частицы грунта, тѣмъ не менѣе являются совершенно безопасными для устойчивости сооруженія.



## 1. Каменные трубы.

Каменные трубы дѣлаются обыкновенно въ поперечномъ сѣченіи въ видѣ прямоугольника, покрытаго полукруглымъ сводомъ, причемъ горизонтъ воды не доходитъ до пяти свода; ниже приведенъ расчетъ отверстія для такого рода трубъ. Если же труба дѣлается параболическаго сѣченія каменная или бетонная, такъ что пять свода опираются непосредственно на фундаментъ, то необходимо въ означенный расчетъ ввести коэффициентъ сжатія  $\mu = 0,75$  и принимать за полный расходъ воды.

$$Q_1 = \frac{Q}{\mu},$$

гдѣ  $Q$  — расходъ черезъ все сѣченіе трубы.

При расчетѣ отверстія каменной трубы принимаютъ, что перепадъ, т. е. переходъ отъ повышеннаго горизонта къ горизонту воды въ трубѣ занимаетъ только часть длины трубы, тогда расходъ  $Q$  въ какомъ либо сѣченіи  $ab$  трубы, въ которомъ установилось равномерное движеніе, выразится формулою

$$Q = b \cdot y \cdot U_0 = b \cdot y \sqrt{2g(y_1 + h - y)} \quad \dots \dots \dots (a)$$

гдѣ:

$b$  — ширина отверстія.

$y$  — толщина слоя протекающей въ трубѣ воды.

$U_0$  — скорость воды въ трубѣ.

$g = 32', 2$ .

$y_1$  — высота подпертаго горизонта надъ обрѣзомъ фундамента.

$U$  — скорость притеканія.

$h = \frac{U^2}{2g}$  высота, соотвѣтствующая скорости притекающей къ сооруженію воды.

При постоянныхъ  $y + h$ , т. е. подпертомъ горизонтѣ и скорости притеканія, и  $b$  — ширинѣ отверстія, наибольшее значеніе  $Q$  въ формулѣ (a) будетъ при

$$y = \frac{2}{3}(y_1 + h) \quad \dots \dots \dots (б)$$

Подставляя это значеніе  $y$  въ формулу (a) получимъ

$$\max. Q = 0,385b(y_1 + h)\sqrt{2g(y_1 + h)};$$

замѣняя, согласно опытамъ Costel'a, коэффициентъ 0,385 коэффициентомъ 0,35 получимъ:



$$\max. Q = 0,35b(y+h)\sqrt{2g(y_1+h)} \dots \dots \dots (в)$$

а скорость воды въ трубѣ при  $y = \frac{2}{3}(y_1+h)$  напишется такъ:

$$U_0 = \sqrt{\frac{2}{3}g(y_1+h)} \dots \dots \dots (г)$$

Изъ формулъ (а), (б) и (г) ширина отверстія:

$$(въ футахъ) \dots \dots \dots b = \frac{35,45}{U_0^3} Q \dots \dots \dots 1)$$

Изъ формулы (г) высота подпёртого горизонта:

$$(въ футахъ) \dots \dots y_1 = 0,04658 U_0^2 - h \dots \dots \dots 2)$$

Изъ формулы (а) и (1) толщина слоя протекающей

$$въ трубѣ воды. (въ футахъ) y = 0,03105 U_0^2 \dots \dots \dots 3)$$

Формулы Бресса (1, 2 и 3) примѣнимы только для случаевъ, когда высота  $y_1$  подпёртого горизонта, опредѣленная по форм. 2, больше  $a$  — толщины слоя притекающей воды при нестѣсненномъ сѣченіи; если же полученное значеніе для  $y_1$  меньше  $a$ , то расходъ  $Q$  слѣдуетъ опредѣлять по формулѣ (а), положивъ въ ней  $y = a$ , тогда высота подпорного горизонта:

$$y_1 = \frac{U_0^2}{2g} - h + y = \frac{U_0^2}{2g} - h + a \dots \dots \dots (д)$$

и ширина отверстія:

$$b = \frac{Q}{a U_0} \dots \dots \dots (е)$$

Для уменьшенія въ этомъ случаѣ ширины отверстія  $b$  можно допустить для  $y_1$  значеніе нѣсколько больше того, которое получается по формулѣ (д) при  $y = a$ , но значительно увеличивать  $y_1$  не слѣдуетъ, т. к. нельзя быть увѣреннымъ, что вода въ трубѣ поднимается на желаемую высоту (по формулѣ д) и — образовавшійся подпоръ будетъ соответствовать допущенной въ трубѣ скорости.

Такъ какъ скорость ( $U$ ) притекающей къ сооруженію воды только при  $y_1 = a$  будетъ равна скорости при нестѣсненномъ сѣченіи, съ возрастаніемъ же  $y_1$  величина этой скорости постепенно уменьшается и въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр. для овраговъ съ пологими берегами, дѣлается равною нулю, то значеніе  $y_1$  слѣдуетъ опредѣлять въ предположеніи  $h = \frac{U^2}{2g}$  и  $h = 0$ , и принять для  $y_1$  среднее изъ полученныхъ значеній.

Выходной лотокъ укрѣпляется въ зависимости отъ скорости, допущенной въ трубѣ, и отъ перепада ( $y - a$ ), образующагося у выходнаго порога трубы.



Дну трубы слѣдуетъ придать уклонъ, опредѣляя его напр. по формулѣ Дарси-Базена.

*Примѣръ.*

Расчетъ отверстія каменной трубы отв. 2,00 саж., при высотѣ насыпи 2,80 саж., на 50 верстѣ пикетъ № 17.

Площадь бассейна, полученная обходомъ на мѣстѣ.  $\Omega = 53,196$  кв. вер.

Длина бассейна . . . . .  $l = 16,55$  верстѣ.

Средній уклонъ водотока или лога отъ водораз-

дѣла до сооруженія . . . . .  $i_0 = 0,003$

Уклонъ на 100 саж. выше и ниже сооруженія  $i = 0,0035$

(*Поперечный профиль русла у сооруженія*).

Наибольшій расходъ для данного живаго источника, по Kōstlin'у

$$Q = 1,875 \times \Omega \times L = 1,875 \times 53,196 \times 0,0315 = 3,142 \text{ куб. саж.}$$

( $L$  — коэффициентъ, зависящій отъ длины и уклона бассейна  $i_0$ , по даннымъ на стр. 35).

Подбирая ощупью, по данному живому сѣченію, горизонтъ притекающей воды, соотвѣтствующій найденному расходу, примемъ его на линіи  $A$ .

Дѣйствительно, въ такомъ случаѣ, площадь живаго сѣченія  $\omega = 2,557$  кв. саж.

подводный периметръ,  $p = 4,779$  саж.

$$\text{подводный радіусъ, } R = \frac{\omega}{p} = \frac{2,557}{4,779} = 0,535 \text{ саж.}$$

$U$  — средняя скорость, для земляного ложа по Bazin'у:

$$U = c\sqrt{Ri}; c = 28,27,$$

$$\text{слѣдовательно, } U = 28,27 \times \sqrt{0,535 \times 0,0035} = 1,224 \text{ саж.}$$

Тогда расходъ:

$$Q = \omega \cdot U = 2,557 \times 1,224 = 3,130 \text{ куб. саж.}$$

Полученный расходъ весьма мало разница отъ расхода, опредѣленнаго по нормѣ Kōstlin'a, а потому найденный горизонтъ притекающей воды, можетъ быть принять за истинный.

Глубина притекающей воды

$$a = 0,954 \text{ саж.}$$

Задаваясь скоростью по дну лотка трубы  $U_2 = 14$  фт., при укрѣпленіи его каменной кладкой, находимъ, по формулѣ Вейсбаха ско-

рость на поверхности  $U_1 = \frac{U_2}{0,83}$  и среднюю скорость.



$$U_0 = 0,837 \quad U_1 = \frac{0,837 \cdot U_2}{0,83} = \frac{0,837 \cdot 14}{0,83} = 14,12 \text{ фут.}$$

(По другимъ формуламъ средняя скорость получается около 16 фут.).

Соотвѣтствующая высота подпертаго горизонта, (по 2) форм. Бресса),

$$y_1 \times 0,04658 \neq U_0^2 - h = 1,326 \text{ саж.} - 0,163 \text{ саж.} = 1,163 \text{ саж.}$$

$$y_1 = 1,163 > a = 0,954$$

По данному расходу  $Q = 3,142$  куб. саж. замѣчаемъ, что соотвѣтственно допущенной скорости по дну  $U_2 = 14$  фт., по форм. (1) находимъ ширину отверстія:

$$b = \frac{35,45 \cdot 3,142}{(2,017)^3} = 13,58 \text{ фут.} = 1,94 \text{ саж.} \approx 2,00 \text{ саж.}$$

Высота трубы до пяти свода  $H = 1,50$  саж.  $> y_1 = 1,141$ .

Принятые размѣры трубы наивыгоднѣйшіе и отвѣчаютъ наибольшей пропускной способности.

При скорости  $U_2 = 14$  фут.

Высота слоя протекающей въ трубѣ воды

$$y = 0,03105 \quad U_0^2 = 0,03105 \times (14,12)^2 = 6,1831 \text{ фут.} = 0,883 \text{ саж.}$$

Необходимый уклонъ воды по Bazin'у (стр. 18), для каменныхъ стѣнъ

$$i = \left( a + \frac{\beta}{R} \right) \frac{U_0^2}{R} = 0,000390 \left( 1 + \frac{0,032809}{R} \right) \frac{U_0^2}{R}$$

гдѣ:

$$R = \frac{\text{живое сѣченіе трубы}}{\text{смоченный периметръ трубы}} = \frac{1,738}{3,738} = 0,465 \text{ саж.}$$

$$i = 0,000390 \left( 1 + \frac{0,032809}{0,465} \right) \frac{(2,017)^2}{0,465} = 0,0037$$

Если бы при допущенной скорости въ трубѣ оказалось  $y_1 < a$ , сѣченіе трубы не было бы наивыгоднѣйшимъ и нужно было бы ширину отверстія опредѣлить по форм. (е), а высоту подпорнаго горизонта по форм. (а).

## 2. Чугунныя трубы.

Протокъ воды по чугуннымъ трубамъ допускается полнымъ сѣченіемъ при скорости не болѣе 20 футъ въ секунду.

Внутренній діаметръ круглаго сѣченія дѣлается величиною 0,50 саж.



Такъ какъ діаметръ трубы и допускаемая скорость—величины извѣстны, то для каждого даннаго случая опредѣляется предѣльная высота напора предъ трубою.

Принимаемъ слѣдующія обозначенія въ футахъ:

$L$  — длина трубы,

$U$  — допускаемая скорость въ выходномъ устьѣ,

$\xi$  — коэффициентъ сопротивленія при входѣ воды въ трубу, средняя величина котораго  $= 0,505$ .

$D$  — діаметръ трубы,

$\lambda$  — коэффициентъ тренія въ трубахъ,

$g$  — ускореніе силы тяжести,

$h$  — высота напора надъ центромъ трубы.

Тогда получаемъ слѣдующую зависимость:

$$h = \left\{ 1 + \xi + \lambda \frac{L}{D} \right\} \frac{U^2}{2g};$$

по Вейсбаху:

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,016921}{\sqrt{U}};$$

при  $U = 20$ ,  $\lambda = 0,01824$ .

Опредѣляя отсюда величину напора, сравниваемъ ее съ  $h'$ —подпоромъ, который можетъ быть допущенъ въ данной мѣстности, на основаніи циркуляра Д.Ж.Д. за № 14835 отъ 8/9 ноября 1891 г. См. стр. 69. Если  $h > h'$ , то принимаютъ  $h' = h$  и опредѣляютъ на этомъ основаніи величину допускаемой въ сооруженіи скорости  $U_1$ .

Возможный расходъ воды въ сооруженіи будетъ:

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} U_1;$$

Имѣя наибольшій расходъ воды въ данномъ тальвегѣ  $Q$ , сравниваемъ  $Q_1$  и  $Q$ .

Если  $Q_1 > Q$ , — постройка трубы возможна.

Если  $Q_1 < Q$ , то необходимо убѣдиться какой высоты достигнетъ подпоръ скопляющейся воды предъ сооруженіемъ въ продолженіи 3-хъ часоваго притока водъ съ бассейна тальвега и одновременнаго расхода ихъ чрезъ сооруженіе при переменномъ напорѣ.

Принимаемъ дальнѣйшія обозначенія:

$E_x$  — переменная площадь поверхности подпертой воды,

$x$  — высота горизонта подпертой воды надъ центромъ трубы или приближенно надъ дномъ оврага,

$t$  — время притеканія воды.



Тогда во время  $dt$  притокъ составитъ  $Qdt$ , и расходъ  $\mu \frac{\pi D^3}{4} \sqrt{2gx} dt$ ,

$$\text{гдѣ} \quad \mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{2} 0,505 + 0,01824 \cdot \frac{L}{D}}}.$$

Если  $Qdt > \mu \frac{\pi D^3}{4} \sqrt{2g} dt$ , то произойдетъ повышение горизонта подпертой воды на величину  $dx$  и предъ насыпью задержится количество воды:

$$F_x \cdot dx = Qdt - \mu \frac{\pi D^3}{4} \sqrt{2gx} dt;$$

опредѣляя величину  $t$ , получимъ;

$$t = \int_0^h \frac{F_x \cdot dx}{Q - \mu \frac{\pi D^3}{4} \sqrt{2gx}}.$$

Величину интеграла находятъ обыкновенно приблизительно, пользуясь для выраженія объема формулой Симпсона.

Если площади  $n + 1$  различныхъ горизонтальныхъ сѣченій оврага предъ насыпью, взятыхъ по высотѣ на одинаковыхъ разстояніяхъ; будутъ  $F_0, F_1, F_2, \dots, F_n$ ,

$h_n$  — высота, скопившейся предъ насыпью, воды

$V$  — объемъ этой воды, то

при  $n$  — четномъ:

$$V = \frac{h_n}{3n} \left\{ F_0 + 4[F_1 + F_3 + \dots + F_{n-1}] + 2[F_2 + F_4 + \dots + F_{n-2}] + F_n \right\}$$

при  $n$  — нечетномъ:

объемъ нижнихъ первыхъ 3-хъ слоевъ опредѣляютъ по форм.

$$V' = \frac{h_3}{8} \left\{ F_0 + 3[F_1 + F_2] + F_3 \right\},$$

а остальныхъ слоевъ по предыдущей.

Такъ какъ сѣченію  $F_0$  соотвѣтствуетъ высота напора  $h_0$ ,

$$\begin{array}{ccc} " & F_1 & " & h_1, \\ " & F_2 & " & h_2 \text{ и т. д.} \end{array}$$

то, означая  $\mu \frac{\pi D^3}{4} \sqrt{2g}$  чрезъ  $A$ , получимъ время наполненія естественнаго бассейна, при четномъ числѣ слоевъ;



$$t = \frac{h_n}{3n} \left\{ \frac{F_0}{Q - A \cdot 0} + \frac{4F_1}{Q - A\sqrt{h_1}} + \frac{2F_2}{Q - A\sqrt{h_2}} + \frac{4F_3}{Q - A\sqrt{h_3}} + \right. \\ \left. + \frac{2F_4}{Q - A\sqrt{h_4}} + \dots + \frac{F_n}{Q - A\sqrt{h_n}} \right\};$$

при нечетномъ числѣ слоевъ:

$$t = \frac{h_3}{8} \left\{ \frac{F_0}{Q - A \cdot 0} + \frac{3F_1}{Q - A\sqrt{h_1}} + \frac{3F_2}{Q - A\sqrt{h_2}} + \frac{F_3}{Q - A\sqrt{h_3}} \right\} + \\ + \frac{n - h_3}{3(n-3)} \left\{ \frac{F_3}{Q - A\sqrt{h_3}} + \frac{4F_4}{Q - A\sqrt{h_4}} + \frac{2F_5}{Q - A\sqrt{h_5}} + \dots + \frac{F_n}{Q - A\sqrt{h_n}} \right\};$$

Принимая для  $h_n$  величину, близко подходящую къ  $h'$  — допускаемому подпору и, подставляя всѣ соответствующія значенія  $F$  и  $h$ , определяемъ  $t$ .

Если  $t$  получается больше или равно 3 часамъ или  $3 \times 60 \times 60 = 10800$  сек., то постройка назначенной чугунной трубы возможна\*).

#### Примѣръ.

Высота насыпи 2,00 саж.

Площадь бассейна  $\frac{5}{6}$  квадратн. версты, длина 2,5 версты.

Ширина полотна желѣзной дороги въ одинъ путь 2,60 саж. Уклоны полуторные. Поэтому длина трубы  $L = 2,60 + 3 \times 2,00 = 8,60$  саж. = 60,2 фут.

Диаметръ трубы  $D = 0,50$  саж. = 3,5 фут.

Допускаемая скорость въ выходномъ устьѣ  $U = 20$  футъ.

Наибольшій допускаемый подпоръ,

$$h = \left\{ 1 + 0,505 + 0,01824 \cdot \frac{60,2}{3,5} \right\} \frac{20^2}{2 \cdot 32,2} = \\ = \left\{ 1 + 0,505 + 0,314 \right\} \frac{400}{64,4} = 11,3 \text{ фут.} = 1,61 \text{ саж.}$$

\*) Если горизонталей оврага не имѣется, то для приблизительнаго сужденія о возможности постройки чуг. трубы въ данномъ мѣстѣ, можно пользоваться формулой

$$F_n = \left\{ l + \frac{2h_n}{tg\beta} \right\} \frac{h_n}{2gt\alpha}$$

гдѣ

$l$  — ширина оврага по дну,

$tg\alpha$  — уклонъ дна оврага,

$tg\beta$  — уклонъ откосовъ оврага.

Разстояніе между горизонталями принимается обыкновенно 0,1—0,2 саж.



Такъ какъ высота насыпи 2,00 саж., то возможный наибольшій подпоръ  $2,00 - 0,50 = 1,50$  саж. = 10,5 фут.

Скорость соответствующая этому подпору:

$$U_1 = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{3}{5} + \lambda \frac{L}{D}}} = \sqrt{\frac{64,4 \cdot 10,5}{1 + 0,505 + 0,314}} = 19,3 \text{ фут.}$$

Слѣдовательно, расходъ черезъ трубу

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} U_1 = \frac{3,14 \cdot 3,5^2}{4} \cdot 19,3 = 185,666 \text{ куб. фут.} = 0,541 \text{ вб. саж.}$$

При уклонѣ бассейна  $i = 0,007$  по нормамъ Köstlin'a получается приходъ воды,

$$Q = 1,875 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{2} = 0,781 \text{ куб. саж.}$$

Но такъ какъ приходъ больше расхода, то нужно опредѣлить время въ теченіи котораго вода поднимется до высоты 1,50 саж.

Площади различныхъ сѣченій оврага  $F_0, F_1, \dots, F_n$  можно опредѣлить по формулѣ:

$$F_n = \left\{ l + \frac{2h_n}{tg\beta} \right\} \frac{h_n}{2tg\alpha};$$

гдѣ  $l$  = ширина оврага по дну = 5 саж.

$tg\beta = 0,01$  уклонъ откосовъ оврага,

$tg\alpha = 0,007$  уклонъ дна оврага,

$h_n = 0,1, 0,2, 0,3 \dots 1,50$  саж. — вертикальныя разстоянія между сѣченіями.

Если имѣется планъ оврага въ горизонталяхъ, то площади берутся по чертежу.

Вычисленныя площади получаютъ слѣдующія: (въ квадр. саж.)

при $h_0 = 0$ — $F_0 = 0$	при $h_8 = 0,8$ — $F_8 = 9429$
„ $h_1 = 0,1$ — $F_1 = 178$	„ $h_9 = 0,9$ — $F_9 = 11893$
„ $h_2 = 0,2$ — $F_2 = 643$	„ $h_{10} = 1,0$ — $F_{10} = 14666$
„ $h_3 = 0,3$ — $F_3 = 1393$	„ $h_{11} = 1,1$ — $F_{11} = 17679$
„ $h_4 = 0,4$ — $F_4 = 2428$	„ $h_{12} = 1,2$ — $F_{12} = 21000$
„ $h_5 = 0,5$ — $F_5 = 3750$	„ $h_{13} = 1,3$ — $F_{13} = 24507$
„ $h_6 = 0,6$ — $F_6 = 5357$	„ $h_{14} = 1,4$ — $F_{14} = 28429$
„ $h_7 = 0,7$ — $F_7 = 7250$	„ $h_{15} = 1,5$ — $F_{15} = 32679$



Примѣняя формулу Симпсона для нечетнаго числа слоевъ при чемъ

$$A = \mu \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g} = \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} \sqrt{2 \cdot 4,60} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0,505 + 0,314}} = 0,441,$$

получимъ время необходимое для наполненія пруда передъ трубой:

$$\begin{aligned} t = & \frac{0,3}{8} \left\{ \frac{0}{0,781 - 0,441 \cdot 0} + \frac{3 \cdot 178}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,1}} + \frac{3 \cdot 643}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,2}} + \right. \\ & \left. + \frac{1393}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,3}} \right\} + \frac{1,5 - 0,3}{3(15 - 3)} \left\{ \frac{1393}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,3}} + \right. \\ & + \frac{4 \cdot 2428}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,4}} + \frac{2 \cdot 3750}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,5}} + \frac{4 \cdot 5357}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,6}} + \\ & + \frac{2 \cdot 7250}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,7}} + \frac{4 \cdot 9429}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,8}} + \frac{2 \cdot 11893}{0,781 - 0,441 \sqrt{0,9}} + \\ & + \frac{4 \cdot 14666}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,0}} + \frac{2 \cdot 17679}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,1}} + \frac{4 \cdot 21000}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,2}} + \\ & \left. + \frac{2 \cdot 24607}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,3}} + \frac{4 \cdot 28429}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,4}} + \frac{32679}{0,781 - 0,441 \sqrt{1,5}} \right\} = \\ = & \frac{0,3}{8} \{ 0 + 832 + 3303 + 2579 \} + \frac{1,2}{36} \{ 2579 + 19346 + 15991 + \\ & + 48700 + 35194 + 97458 + 65527 + 172541 + 110840 + 140468 + \\ & + 176394 + 437369 + 135038 \} = \frac{0,3 \cdot 6714}{8} + \frac{0,1 \cdot 1457445}{3} = \\ = & 251,8 + 48581,5 = 48833,3 \text{ сек.} = 13,56 \text{ час.} \end{aligned}$$

Слѣдовательно сооруженіе трубы возможно, такъ какъ продолжительность ливня принимается не болѣе 3 час.

### 3. Мосты малыхъ отверстій.

При опредѣленіи отверстій деревянныхъ и каменныхъ мостовъ чрезъ сухіе овраги предполагается, что дно русла спланировано на уровнѣ низшей точки живаго сѣченія и что отверстіе имѣетъ прямоугольную форму. Такъ какъ въ деревянныхъ мостахъ живое сѣченіе представляетъ собою трапецію, то боковые треугольники отверстія покрываютъ стѣсненіе русла быками моста или остаются въ запасѣ.

Если имѣется подпоръ воды передъ мостомъ, то отверстіе опредѣляется по формулѣ:



$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + a(h+k)^{1/2} \right\} \dots (1)$$

представляющей совокупность двухъ расходовъ:

1) расходъ воды чрезъ неполный водосливъ:

$$Q_1 = \mu b \sqrt{2g} \times \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right]$$

и 2) расхода черезъ погруженное щитовое окно съ напоромъ надъ верхнимъ ребромъ при высотѣ окна равной  $a$ :

$$Q_2 = \mu b a \sqrt{2g(h+k)}$$

Изъ ур. (1) получаемъ

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + a(h+k)^{1/2} \right\}};$$

гдѣ:  $b$  — отверстіе:

$Q$  — расходъ воды;

$\mu$  — коэффициентъ сжатія, равный 0,90;

$g$  — ускореніе силы тяжести, равное 4,6 саж.

$h$  — подпоръ, равный  $\frac{V_0^2 - v^2}{2g}$

$V_0$  — скорость, допущенная въ сооруженіи, по возможности не превышающая 1.00 саж.

$v$  — скорость притеканія;

$k$  — высота, соответствующая скорости притекающей воды, равная  $\frac{v^2}{2g}$

$a$  — глубина потока при стѣсненномъ руслѣ.

Правильнѣе опредѣлять ширину отверстія  $b$  и высоту подпора  $h$ , предположивъ сперва  $k = \frac{v^2}{2g}$ , потомъ  $k = 0$  и взять среднее изъ полученныхъ значеній.

1) при  $k = \frac{v^2}{2g}$ ;

$$h_1 = \frac{V_0^2 - v^2}{2g}; \quad b_1 = \frac{Q}{2,73 \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + a(h+k)^{1/2} \right\}};$$

2) при  $k = 0$ ;

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g}; \quad b_2 = \frac{Q}{0,90 V_0(2/3 h + a)};$$



Средні значенія:

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2}; \quad h = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

Если подпора не допускается, то отверстие опредѣляется по формулѣ:

$$b = \frac{Q}{\mu v},$$

гдѣ  $\mu$  — коэффиц. сжатія = 0,75 — 0,90

Если отверстие моста получится чрезмѣрно большимъ сравнительно съ расходомъ воды, то можно углубить русло, дѣлая канаву.

*Примѣръ.*

Верста 78, пикетъ № 7803.

Расчетъ отверстія моста отверстиемъ 2,50 саж.

Высота насыпи . . . . . 1,50 „

Площадь бассейна  $\Omega = 21,56$  кв. верстъ.

Длина бассейна  $l = 13,691$  верстъ.

Уклонъ потока или лога  $i = 0,002$

*(Профиль живаго сѣченія).*

Расходъ воды по Кестлину:

$$Q = 1,875 \cdot \Omega \cdot L = 1,875 \cdot 21,56 \cdot 0,0625 = 2,527 \text{ куб. саж.}$$

гдѣ  $L$  коэффиціентъ, зависящій отъ длины и уклона бассейна (см. стр. 35).

Подбирая ощупью горизонтъ притекающей воды, соотвѣтствующій расходу, приемъ его при горизонтѣ  $A$ .

Площадь живого сѣченія,  $\omega = 3,25$  кв. саж.

Подводный периметръ,  $p = 7,552$  саж.

Подводный радіусъ,  $R = \frac{\omega}{p} = \frac{3,25}{7,552} = 0,430$  саж.

Скорость притеканія по формулѣ Дарси-Базена:

$$v = C \sqrt{Ri}$$

При  $R = 0,430$  находимъ въ таблицѣ (стр. 20)  $C = 26,62$

Подставляя, получимъ  $v = 26,62 \sqrt{0,430 \cdot 0,002} = 0,780$  саж.

Расходъ воды  $\omega v = 3,25 \cdot 0,78 = 2,535$ , что мало разнится отъ расхода  $Q = 2,527$  куб. саж., опредѣленнаго по Кестлину, почему и принимаемъ найденный выше горизонтъ за истинный.



Слѣдовательно глубина потока,  $a = 0,5$  (изъ поперечной профили).  
Высота, соотвѣтствующая скорости притекающей воды:

$$k = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,78^2}{9,2} = 0,066 \text{ саж.}$$

Допуская среднюю скорость воды подъ мостомъ  $V_0$  равной 1,14 саж.,  
получаемъ предѣльную высоту подпора  $h$  изъ условія

$$h = \frac{V_0^2 - v^2}{2g} = \frac{(1,14)^2 - 0,78^2}{9,2} = 0,0751 \text{ саж.}$$

Отверстіе моста  $b$  въ саженьяхъ опредѣляется по формулѣ:

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + a(h+k)^{1/2} \right\}}$$

гдѣ  $\mu = 0,90$ ;  $2g = 9,2$  саж. Подставивъ въ формулу численныя значенія буквъ, получимъ:

$$b = \frac{2,527}{0,90 \sqrt{9,2} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (0,0751 + 0,066)^{3/2} - 0,66^{3/2} \right] + 0,5(0,0751 + 0,066)^{1/2} \right\}} \\ = 2,316 \text{ саж.}$$

Принято отверстіе моста равнымъ 2,5 саж.

Высота подпорнаго горизонта воды

$$H = a + h = 0,5 + 0,0751 = 0,575 \text{ саж.}$$

Отмѣтка подпорнаго горизонта . . . . .

Отмѣтка подформенной площади (или продольныхъ  
схватокъ, или низа прогоновъ) . . . . .

#### 4. Мосты большихъ отверстій.

##### 1. РАЗМЫВЪ ЛОЖА НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.

Если принять обозначенія:

$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$	площади	} по разливу;
$U_1, U_2, U_3, \dots$	средн. скорости	
$Q_1, Q_2, Q_3, \dots$	расходы	

$\omega_n, U_n, Q_n$ , — площадь, средняя скорость и расходъ по главному руслу, то полный расходъ

$$Q = \Sigma(\omega_x U_x) = \Omega U.$$



Расположивъ по поперечной профили предполагаемое сооруженіе, опредѣляютъ свободную площадь живаго сѣченія —  $\omega$ , тогда средняя скорость въ этомъ сѣченіи будетъ:

$$U_0 = \frac{Q}{\mu \omega_0}.$$

Коэффициентъ сжатія струи —  $\mu$ , при существованіи промежуточныхъ опоръ моста въ рѣкѣ, по Navier зависитъ отъ формы передней части быковъ, именно:

при остроугольной и полукруглой формѣ . . . . .	$\mu = 0,95$
„ тупоугольной . . . . .	„ 0,90
„ плоской . . . . .	„ 0,80
„ помѣщеніи пять арокъ ниже горизонта воды. „	0,70

По Эйтельвейну:

при остроугольной . . . . . формѣ	$\mu = 0,954.$
„ прямой, т. е. плоской. . . . .	„ „ 0,855.

Эти величины для коэффициента  $\mu$  можно примѣнять только въ мостахъ съ малыми пролетами, для мостовъ съ большими пролетами онъ приближается къ единицѣ.

Зонне (Wochenbl. f. Arch. u Ing. 1883 S. 327 u. w.) даетъ формулу, если принять обозначенія:

- $n$  — число пролетовъ моста,
- $L$  — чистое отверстіе,
- $A$  — численный коэффициентъ,
- $v$  — средняя скорость предъ мостомъ,

то

$$\mu = \frac{vL - An}{vL}$$

Однако численному коэффициенту  $\mu$  нельзя дать постоянной величины, оказывается, что онъ зависитъ отъ скорости  $v$  и средней глубины  $t$ , именно:

$$A = \beta \cdot vt$$

$$\text{и при } vt < 2,5 \quad \beta = 0,62$$

$$\text{„ } vt < 5 \quad \beta = 0,70,$$

$$\text{„ } vt < 7,5 \quad \beta = 0,78,$$

$$\text{„ } vt < 10 \quad \beta = 0,85,$$

Точное опредѣленіе величины для  $\mu$  путемъ опыта крайне затруднительно, а принимая, во вниманіе, что расходъ воды  $Q$  для рѣкъ мо-



жетъ быть опредѣленъ только приблизительно, коэффициентъ  $\mu$  уже теряетъ свое значеніе.

Въ большихъ мостахъ при закругленной или остроугольной формѣ передней части быковъ можно принимать

$$\mu = 0,97.$$

Зная  $U_0$  — среднюю скорость въ стѣсненномъ сѣченіи, можно найти наибольшую скорость на поверхности, а по ней наибольшую скорость по дну;—эта послѣдняя не должна превосходить предѣльной скорости, при которой ложе рѣки начинается размываться. Или же, такъ какъ распредѣленіе скоростей по дну въ стѣсненномъ сѣченіи болѣе правильно, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда живое сѣченіе не стѣснено, то можно принять (предполагая, что въ нестѣсненномъ сѣченіи дно рѣки не размывается), что средняя скорость по дну въ стѣсненномъ сѣченіи не должна быть больше наибольшей скорости по дну въ нестѣсненномъ сѣченіи. Но такъ какъ средняя скорость ( $U_n$ ) нестѣсненного главнаго русла мало разнится отъ наибольшей скорости по дну въ главномъ руслѣ, то для средней скорости стѣсненного сѣченія ( $U_0$ ), можно принять, что она не должна быть больше средней скорости нестѣсненного главнаго русла, т. е.  $U_0 \leq U_n$ .

Если бы оказалось, что  $U_0 > U_n$  и превосходить величины, данныя на стр. 45, то нужно увеличить площадь живаго сѣченія подъ-мостомъ, произведя выемку грунта до горизонта низкихъ водъ (или же выше этого горизонта), или искусственно укрѣпить русло, или, наконецъ, увеличить принятую ширину отверстия.

Примѣчаніе. Длина уширенія, считая по оси пути можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ:

Если  $q_s$  — расходъ по главному руслу;

„  $q_p$  — расходъ по разливу;

„  $a$  — разность высокаго и меженнаго горизонта;

„  $x$  — требуемая длина уширенія, то, принимая для уширенія

среднюю его глубину ( $a$ ) за средній радіусъ, опредѣляютъ среднюю скорость ( $U$ ) въ уширеніи, а затѣмъ изъ уравненія

$$Q - q_s = q_p = x \cdot a \cdot U \dots \dots \dots (A)$$

искомую величину  $x$ . Остается увеличить полученную величину отверстия въ зависимости отъ коэффициента  $\mu$  и, въ случаѣ многопролетнаго моста, отъ стѣсненія живаго сѣченія быками.



*Примѣръ.*

Расчетъ отверстія моста черезъ рѣку .... на 28-й вер. .... ж. д.

Для рѣшенія вопроса объ отверстіи составленъ планъ бассейна, опредѣлены непосредственнымъ измѣреніемъ живыя сѣченія и продольный уклонъ,  $i = 0,0003$ .

Чтобы опредѣлить расходъ воды въ рѣкѣ живое сѣченіе ея раздѣлимъ на три части.

1) Лѣвая пойма; 2) главное русло; 3) правая пойма.

Средняя скорость теченія опредѣляемъ по формулѣ Гангюлье и Куттера, при чемъ коэффициентъ шероховатости для главнаго русла  $n = 0,025$ , для поймъ  $n = 0,03$ .

ГЛАВНОЕ РУСЛО.

Разстояніе.		Глубины.	Среднія глубины.	Площади.
По поверхности воды.	По дну.			
0,70	0,746	0,06	0,215	0,1505
2,80	3,039	0,37	0,96	2,6880
2,50	2,540	1,55	1,775	4,4375
2,50	2,500	2,00	1,975	4,9375
2,50	2,965	1,95	1,16	2,900
0,50	0,542	0,37	0,265	0,1325
1,00	1,000	0,16	0,095	0,0950
		0,03		
$P_2 = 13,332$				$\omega_2 = 15,341$

Подводный периметръ  $P = 13,332 + 0,06 = 13,422$  саж.

Гидравлическій радіусъ  $R = \frac{\omega_2}{P_2} = 1,15$  саж.

При  $n = 0,025$ , средняя скорость (см. стр. 23).

$$U_2 = \frac{23 + 40 + \frac{0,00155}{0,0003}}{1,4607 + \left\{ 23 + \frac{0,00155}{0,0003} \right\} \frac{0,025}{\sqrt{1,15}}} \sqrt{1,15 \cdot 0,0003} = 0,62 \text{ саж.}$$

Слѣдовательно расходъ по главному руслу

$$Q = U_2 \times \omega_2 = 0,62 \times 15,341 = 9,51 \text{ куб. саж.}$$



Такимъ же способомъ найдены расходы по лѣвой и правой пой-  
мамъ:  $Q_1 = 1,22$  куб. с. и  $Q_2 = 6,03$  куб. с.

Полный расходъ воды по всему живому сѣченію  $Q = 16,76$  к. с.  
Отверстіе моста принято  $Z = 15$  саж.

Площадь подъ мостомъ для пропуска весеннихъ водъ

$$\omega = 22,92 \text{ кв. саж.}$$

Средняя скорость протеканія:

$$U = \frac{Q}{\omega} = \frac{16,76}{0,95 \cdot 22,92} = 0,77 \text{ саж.} > U_2 = 0,62 \text{ саж.}$$

тобы избѣгнуть размыва живое сѣченіе было увеличено выемкой  
грунта до горизонта меженныхъ водъ и доведено до величины:

$$\Omega' = \frac{Q}{\mu U_2} = \frac{16,76}{0,95 \cdot 0,62} = 28,47 \text{ кв. с.}$$

Если бы нельзя было увеличить живое сѣченіе, то слѣдовало укрѣ-  
пить русла напр. каменной наброской, допускающей скорость по дну  
до 0,80 саж., или другимъ какимъ либо способомъ.

2. ДОПУСКАЕТСЯ РАЗМЫВЪ ЛОЖА НА ОПРЕДѢЛЕННУЮ ГЛУБИНУ.

*А) Размывъ не великъ и скорости по всему живому сѣченію довольно  
однообразны.*

Въ этомъ случаѣ предполагается, что размывъ ложа прекратится  
тогда, когда средняя скорость въ сѣченіи подъ мостомъ сдѣлается  
равною средней скорости естественнаго сѣченія; кромѣ того, пред-  
полагается, что отношеніе между средней и наибольшею глубиною  
послѣ размыва—то же, что было между этими глубинами до размыва,  
и глубина каждой вертикали измѣняется пропорціонально этому отно-  
шенію.

Такимъ образомъ, если для естественнаго живаго сѣченія:

$u$ —средняя скорость;

$\omega$ —площадь живаго сѣченія;

то расходъ:

$$Q = \omega u.$$

Въ первое время послѣ устройства моста:

$$Q = \omega u = \mu \cdot l \cdot h_0 \cdot u',$$

гдѣ:  $l$ —ширина отверстія;

$h_0$ —средняя глубина;

$u'$ —новая средняя скорость.



Послѣ размыва:

$$Q = \omega u = \mu \cdot l \cdot h'_0 \cdot u,$$

гдѣ  $h'_0$  — новая средняя глубина,

$u$  — средняя скорость та же, что была въ нестѣсненномъ сѣченіи.

Если отношеніе между наибольшей ( $h_m$ ) и средней ( $h_0$ ) глубиной до размыва  $\frac{h_m}{h_0} = \alpha$ ; то послѣ размыва наибольшая глубина:

$$h'_m = \alpha \cdot h'$$

и слѣдовательно наибольшій размывъ будетъ:

$$h'_m - h_m = \alpha.$$

Наименьшая необходимая глубина заложения основанія —  $h$ , до настоящаго времени опредѣлялась по формулѣ Паукера:

$$h > H \operatorname{tg}^4 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right),$$

гдѣ:

$H$  — высота песчаного столба, замѣняющаго собою сооруженіе,

$\varphi$  — уголъ естественнаго откоса грунта.

$H$  опредѣлится такъ:

$n$  — вѣсъ опоры съ передающимся на нее вѣсомъ пролетной части и подвижной нагрузки \*),

$F$  — площадь основанія,

$\Delta = \frac{n}{F}$  — давленіе на квадратную единицу основанія,

$\delta$  — вѣсъ куб. единицы песку,

слѣдов.  $H \cdot \delta = \Delta$  и  $H = \frac{\Delta}{\delta}$ ; откуда:

$$h > \frac{\Delta}{\delta} \operatorname{tg}^4 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right).$$

Если глубина заложения основанія послѣ размыва есть  $h_1$ , то необходимо, чтобы коэффициентъ устойчивости послѣ размыва:

$$m = \frac{h_1}{h} = 2 - 2,5;$$

и до размыва коэффициентъ устойчивости:

$$m_1 = \frac{h_1 + a}{h} = 3,25 - 3,50$$

\*) Въ грунтахъ песчаныхъ, пропитанныхъ водою, вѣсъ опоры уменьшаютъ на величину вѣса вытѣсняемой ею воды, считая объемъ воды отъ подошвы основанія до горизонта меженнихъ водъ.



Относительно этой формулы Паукера слѣдуетъ замѣтить, что получаемыя изъ нея величины необходимой глубины заложения основаній въ песчаномъ грунтѣ въ зависимости отъ наибольшей возможной нагрузки вовсе не соответствуютъ глубинамъ заложения, при которыхъ дѣйствительно не происходитъ выпирание песчаного грунта изъ подъ фундамента; это доказано было опытами, произведенными въ 1889 г. проф. В. И. Курдюмовымъ и инженер. П. К. Янковскимъ.

П. К. Янковскій предложилъ (См. журналъ Минист. Пут. Сообщ., 1889 г., № 51) формулу временнаго сопротивленія разрушенію песчаного основанія на глубинѣ  $h$  отъ поверхности, выведенную имъ теоретически и дающую результаты очень близкіе къ опытнымъ даннымъ.

Инж. П. К. Янковскій даетъ слѣдующія формулы:

1. Если предположить, что отъ сооруженія можетъ отколоться вертикальный слой, невыгоднѣйшій въ смыслѣ выпиранія основанія, — то сохраняя принятыя выше обозначенія имѣемъ:

$$H = 2h \left[ \frac{tg \frac{45^\circ + \varphi}{2}}{tg \frac{45^\circ - \varphi}{2}} \right]^2 \dots \dots \dots (a)$$

2. Если сооруженіе расколется на вертикальные слои не можетъ и ширина фундамента  $= b$ , такъ что выпирание грунта должно происходить одновременно изъ подъ всего сооруженія, — то

$$H = \frac{(h+z)^2}{2z} \left[ \frac{tg \frac{45^\circ + \varphi}{2}}{tg \frac{45^\circ - \varphi}{2}} \right]^2 - \frac{z}{2}; \dots \dots \dots (b)$$

$$\text{гдѣ } z = \frac{b \cdot \cos 2\varphi}{4 \cos \varphi \cdot \cos \frac{45^\circ + \varphi}{2} \sin \frac{45^\circ - \varphi}{2}}$$

Если уголъ тренія песка  $\varphi = 34^\circ$ , то формула Янковскаго (a) даетъ для  $h$  величину, приблизительно, въ 6 разъ меньшую, чѣмъ форм. Паукера; такимъ образомъ для дѣйствительнаго коэффициента устойчивости получается величина:

$$m = 12 - 15.$$

Такой значительный коэффициентъ устойчивости приходится взять потому, что въ положеніяхъ для вывода формулы предположено равномерное давленіе на основаніе: при производствѣ вышеупомянутыхъ



опытовъ были сдѣланы приспособленія для предупрежденія опрокидыванія призмъ, замѣнявшихъ сооруженіе.

Отдѣльно стоящіе быки въ рѣкахъ производятъ въ дѣйствительности неравномѣрное давленіе на грунтъ вслѣдствіе односторонней нагрузки подвижнымъ составомъ и опрокидывающаго момента, получающагося при торможеніи поѣзда, проходящаго по мосту, и при давленіи вѣтра, направленнаго подъ угломъ въ  $45^{\circ}$  къ оси моста, а также при давленіи льда на опоры при ледоходѣ и т. п., поэтому при расчетѣ глубины заложенія слѣдуетъ опредѣлить, въ зависимости отъ указанныхъ обстоятельствъ, величину  $H$  тах. наибольшаго, при неравномѣрномъ распредѣленіи давленія на основаніе и по ней опредѣлять необходимую глубину заложенія изъ формулы (а) Янковскаго.

При этихъ условіяхъ слѣдуетъ принимать коэффициентъ устойчивости не менѣ

$$m = 8 - 10$$

Такъ какъ величина угла  $\phi$  имѣетъ очень большое вліяніе въ форм. Янковскаго, то необходимо относиться съ большою осторожностью къ выбору величины для  $\phi$ .

Таблица угловъ естественнаго откоса  $\phi$  для разлчныхъ грунтовъ:

Названіе грунта.	$\phi$
1. Земля растительная или обыкновенная:	
Рыхлая, сухая или нѣсколько сырая . . . . .	$42^{\circ} - 38^{\circ}$
Сухая и утрамбованная . . . . .	$42^{\circ} - 38^{\circ}$
Рыхлая насыщенная водою . . . . .	$35^{\circ} - 30^{\circ}$
2. Песокъ:	
Сухой или нѣсколько сырой . . . . .	$37^{\circ} - 34^{\circ}$
Влажный . . . . .	$34^{\circ} - 30^{\circ}$
Насыщенный водою, смотря по крупности . . . . .	$30^{\circ} - 20^{\circ}$
3. Глина:	
Сухая или нѣсколько сырая . . . . .	$42^{\circ} - 38^{\circ}$
Утрамбованная . . . . .	$42^{\circ} - 38^{\circ}$
Насыщенная водою . . . . .	$35^{\circ} - 30^{\circ}$

Б) Размывъ великъ, скорости по размыву неоднобразны и значительно отличаются отъ средней скорости по главному руслу.

Въ этомъ случаѣ предполагается, что размывъ прекратится, когда средняя скорость въ сѣченіи подъ мостомъ сдѣлается равною средней скорости главнаго русла. Если принять обозначенія



$\omega_1, \omega_2, \omega_3 \dots$  площади жив. сѣченій }  
 $u_1, u_2, u_3 \dots$  среднія скорости } по разливу  
 $\omega_0, u_0$  — тоже по главному руслу, то  
 расходъ  $Q = \Sigma \omega u + \omega_0 u_0$

Предполагается, что размывъ прекратится, когда средняя скорость въ сѣченіи подъ мостомъ сдѣлается равною  $u_0$ , тогда  $Q = \mu \cdot \Omega u_0$ , отсюда опредѣляется  $\Omega$ , а задаваясь  $l'$  — отверстіемъ моста, найдемъ среднюю глубину послѣ размыва.

$$h'_0 = \frac{\Omega}{l'}$$

Предполагая что отношеніе наибольшей глубины послѣ размыва ( $h'$ ) къ средней ( $h'_0$ ) тоже, что было до размыва, т. е.

$$\frac{h'}{h'_0} = \frac{h}{h_0} = d,$$

опредѣляютъ наибольшую глубину  $h'$  и наибольшій размывъ

$$h' - h = a,$$

а затѣмъ повѣряють принятую глубину заложения.

### Примѣръ.

Разсчетъ отверстія моста черезъ р. Сухову.

Бассейнъ рѣки измѣренъ и описанъ по картѣ 10 верстъ въ дюймѣ Живыя сѣченія въ мѣстѣ перехода опредѣлены непосредственными измѣреніями. Р. Сухона входитъ въ кругъ работъ навигаціонной описной коммисіи и снабжена водомѣрными постами, поэтому опредѣленіе элементовъ рѣки сдѣлано на основаніи точныхъ данныхъ.

Для опредѣленія горизонтовъ воды, продольнаго уклона и расхода послужили наблюденія водомѣрныхъ постовъ, находящихся выше и ниже пересѣченія рѣки линіей жел. дор. у дер. Карпово.

На 18-й вер. выше пересѣченія, при плюзѣ Знаменитомъ, имѣется водомѣрный постъ 1-го разряда; на 6 верстъ ниже пересѣченія, у дер. Васютино, располагается водомѣрный постъ 2-го разряда. Отмѣтки наивысшаго горизонта воды, бывшаго въ 1881 г. составляютъ у нижняго короля плюза Знаменитаго 45,94.

у поста дер. Васютино . . . . . 45,49.



Паденіе на протяженіи  $18+6=24$  верстъ  $=12000$  саж. составляет  
 $45,94 - 45,49 = 0,45$  саж.

чему соотвѣтствуетъ уклонъ:

$$i = \frac{0,45}{12000} = 0,0000375 \text{ саж.}$$

Горизонтъ меженныхъ водъ 43,58,  
 горизонтъ самыхъ высокихъ водъ 45,87,

Для опредѣленія геологическаго строенія дна и береговъ рѣки было произведено по три буровыхъ свѣжины на каждомъ берегу рѣки.

Наибольшіе размѣры судовъ, плавающихъ по Сухонѣ, и необходимое возвышеніе фермъ надъ гориз. воды опредѣлены по соотношенію съ округомъ путей сообщенія.

По даннымъ живому сѣченію, горизонту высокихъ водъ и уклону составлены таблицы площадей живого сѣченія, вычислена средняя скорость по формулѣ Гангюлье-Куттера (для главнаго русла  $u_0 = 0,488$  саж.) и опредѣленъ расходъ по главному руслу и по лѣвой поймѣ. Полный расходъ  $Q = 113,846 + 1,458 = 115,30$  куб. саж.

На основаніи вышеизложеннаго составленъ проектъ моста съ отверстіемъ для пропуска воды 40 саж. въ одномъ пролетѣ съ основаніемъ устоевъ на опускающихъ колодцахъ.

Наибольшій размывъ  $a = h'_m - h_m$  опредѣлился слѣдующимъ образомъ: (значенія буквъ тѣ же что и выше).

Послѣ устройства моста, но до размыва:

$$\text{средняя глубина } h_0 = \frac{155,72}{40} = 3,873 \text{ саж.}$$

$$\text{наибольшая глубина } h_m = 3,99 \text{ саж.}; d = \frac{h_m}{h_0} = 1,025$$

Послѣ размыва:

$$h'_0 = \frac{Q}{\mu \cdot z \cdot u_0} = \frac{115,30}{0,97 \cdot 40 \cdot 0,488} = 6,22 \text{ саж.}$$

$$h'_m = d h'_0 = 1,025 \cdot 6,22 = 6,375 \text{ саж.}$$

$$\text{наиб. размывъ } a = h'_m - h_m = 6,375 - 3,99 = 2,385 \text{ саж.}$$

Основаніе быка заложено отъ дна на глубинѣ 4,30 саж. Предполагая, что наибольшій размывъ произойдетъ около быка, проверимъ достаточность глубины заложения по ф. Янковскаго:

$$H = 2h \left[ \frac{tg \frac{45^\circ + \varphi}{2}}{tg \frac{45^\circ - \varphi}{2}} \right]^2$$



Послѣ размыва глубина заложения,

$$h' = 4,30 - 2,385 = 2,155 \text{ саж.}$$

Сложивъ вѣсъ быка, верхняго строенія и подвижной нагрузки опредѣляемъ давленіе на грунтъ отъ площади нижняго основанія:

$$P = 151633,65 \text{ пд.}$$

Площадь нижняго основанія колодца  $S = 12,477$  кв. саж.

$$\text{Давленіе на 1 кв. саж. } p = \frac{P}{S} = 12151 \text{ пд.}$$

Подставляя численныя величины въ формулѣ Янеовскаго,

$$H = \frac{12151}{1000} = 12,15 \text{ саж.}; \text{ и } \varphi = 30^\circ, \text{ опредѣлимъ необходимую глубину заложения—} h, \text{ выражающую временное сопротивленіе грунта:}$$

$$12,15 = 2h \times 33,99;$$

$$h = \frac{12,15}{2 \times 33,99} = 0,178 \text{ саж.}$$

Коэффициентъ устойчивости:

$$m = \frac{2,155}{0,178} = 12,1$$

Для повѣрки достаточности принятаго отверстія моста можетъ служить рекомендованная циркуляромъ М. П. С. (отъ 11 ноября 1877 г., за № 11230) таблица составленная инж. Вѣлинскимъ. Умножая площадь бассейна на соотвѣтствующій коэффициентъ таблицы, получаютъ живое сѣченіе весеннихъ водъ подъ мостомъ въ квадратныхъ саженьяхъ; раздѣливъ полученную площадь на среднюю глубину весеннихъ водъ подъ мостомъ, получаютъ отверстіе моста въ погонныхъ саженьяхъ.

Принимая:

$A$ —поверхность бассейна въ квадратныхъ верстахъ;

$K$ —соотвѣтствующій коэффициентъ;

$Q$ —живое сѣченіе весеннихъ водъ въ квадратныхъ [саженьяхъ: имѣемъ,

$$Q = kA.$$



# ТАБЛИЦА

для приблизительнаго расчета живаго сѣченія весеннихъ водъ.

А		К	А		К
поверхность бассейна въ квадр. верст.		коэффиц. для получ. Q.	поверхность бассейна въ квадр. верст.		коэффиц. для получ. Q.
50 до	100	0,070	10000 до	15000	0,0250
100 —	300	0,060	15000 —	20000	0,0200
300 —	500	0,050	20000 —	30000	0,0150
500 —	1000	0,045	30000 —	50000	0,0100
1000 —	2000	0,040	50000 —	100000	0,0075
2000 —	5000	0,035	100000 —	300000	0,0070
5000 —	100000	0,030			

Въ томъ же случаѣ, когда извѣстны всѣ естественныя условія быта рѣки, вліяющія на наибольшій расходъ и наибольшую скорость высокихъ водъ, при опредѣленіи мостовыхъ сооружений должно руководиться этими условіями, независимо отъ приведенной таблицы.

Выписка изъ циркуляра Д. Ж. Д. за № 14835 отъ <sup>8</sup>/<sub>9</sub> ноября 1891 г.

## О чугунныхъ трубахъ.

При насыпяхъ, высотой отъ 1 до 4 саж. включительно, разрѣшается устраивать основанія подъ трубою изъ мятой глины перемѣшанной съ гравіемъ или щебнемъ и плотно утрамбованной, при этомъ допускаются надъ центрами выходнаго отверстія слѣдующіе подпоры воды.

При высотѣ насыпи 1 сажень . . . . .			0,25 саж.
"	"	"	1,5 " . . . . . 0,40 "
"	"	"	2,0 " . . . . . 0,50 "
"	"	"	2,5 " . . . . . 0,60 "
"	"	"	3,0 " . . . . . 0,75 "
"	"	"	3,5 " . . . . . 0,85 "
"	"	"	4,0 " . . . . . 1,00 "



При насыпяхъ высотой болѣе 4 сажень и до 6 саж. включительно основаніе и обдѣлка чугунныхъ трубъ должны быть устраиваемы: бетонныя или изъ каменной кладки по чертежу приложенному къ циркуляру отъ 2 октября 1882 года за № 9853.

При устройствѣ основаній изъ бетона или каменной кладки допускаются слѣдующіе подпоры надъ центромъ выходнаго отверстія.

При высотѣ насыпей 1,50 сажень . . . . .	0,25 саж.
„ „ „ 2,00 „ . . . . .	0,75 „
„ „ „ 2,50 „ . . . . .	1,00 „
„ „ „ 3,00 „ . . . . .	1,25 „
„ „ „ 4,00 „ . . . . .	1,50 „
„ „ „ 5,00 „ . . . . .	1,75 „
„ „ „ 6,00 „ . . . . .	2,00 „

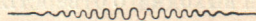
**Примѣчаніе.** Для промежуточныхъ высотъ насыпей уровень наибольшаго допускаемаго скопленія воды надъ центромъ выходнаго отверстія опредѣляется по интерполяціи.

**По циркуляру Д. Ж. Д. отъ <sup>20</sup>/<sub>21</sub> мая 1894 г. № 8831.**

При основаніи изъ мятой глины со щебнемъ допускается укладывать чугунныя трубы, когда скорость протеканія воды въ трубѣ по разсчету ожидается не болѣе 10 фут. въ секунду, при чемъ высота подпора воды надъ центромъ входнаго отверстія трубы при насыпяхъ до 4-хъ саж. въ 1 путь должна быть:

для высоты насыпи въ 1 саж. не болѣе 0,25 саж.

„ „ „ „ 2 „ „ „	0,30 „
„ „ „ „ 3 „ „ „	0,32 „
„ „ „ „ 4 „ „ „	0,35 „





**Выписка изъ циркуляра Д. Ж. Д. за № 9699 отъ 10 іюня  
1895 г.**

Для расчета отверстій мостовъ черезъ ручьи и овраги съ бассейномъ не свыше 50 кв. верстъ. Предѣльную скорость теченія воды подъ мостами допустить въ 10 футъ въ секунду съ тѣмъ, чтобы общая толщина мостовой подъ означенными мостами, была не менѣе 0,25 саж., при чемъ толщина верхняго слоя мостовой должна быть не менѣе половины общей толщины мостовой.

---

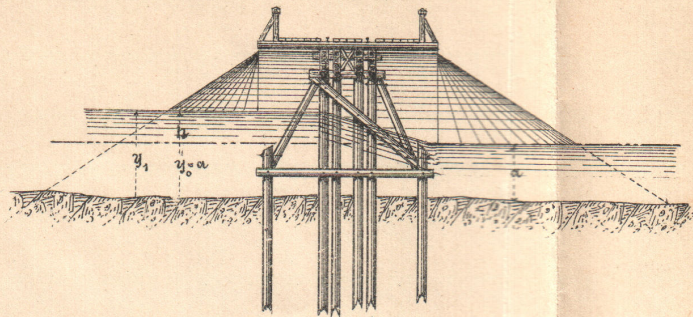


Ваше письмо № 10000 от 10 июня 1933 г.

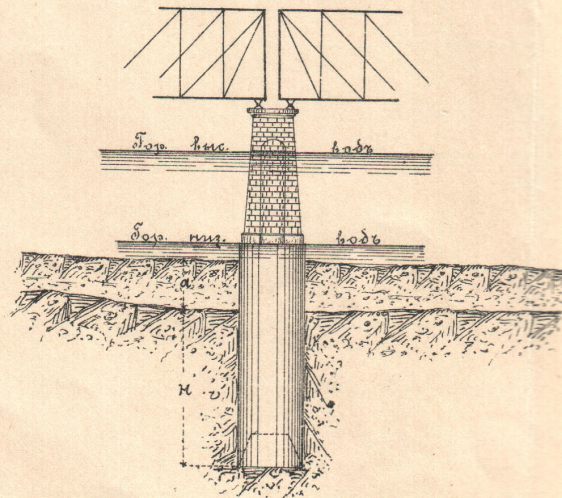
Для просмотра вашего письма я обратился к  
бюро, которое занимается делами. При этом  
я не могу сказать, что в вашем письме  
есть что-то, что требует особого внимания.  
Однако, если вы хотите, чтобы ваше письмо  
было рассмотрено, то лучше всего обратиться  
к тому, кто занимается делами.



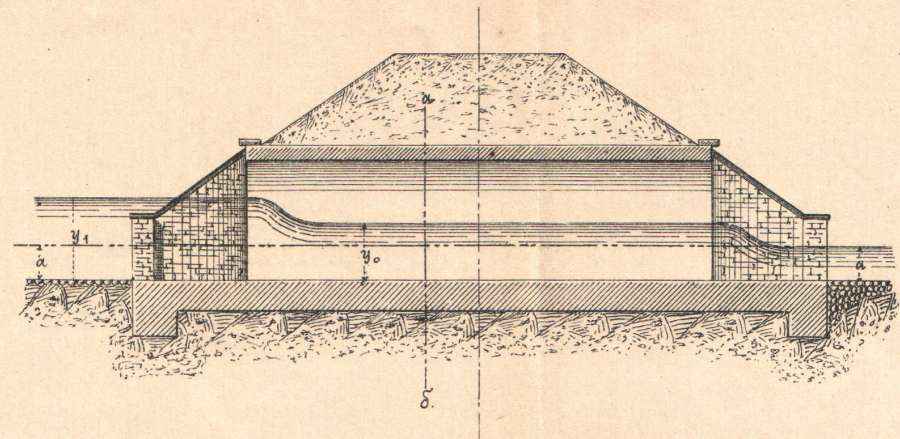
Мостъ малаго отверстія.



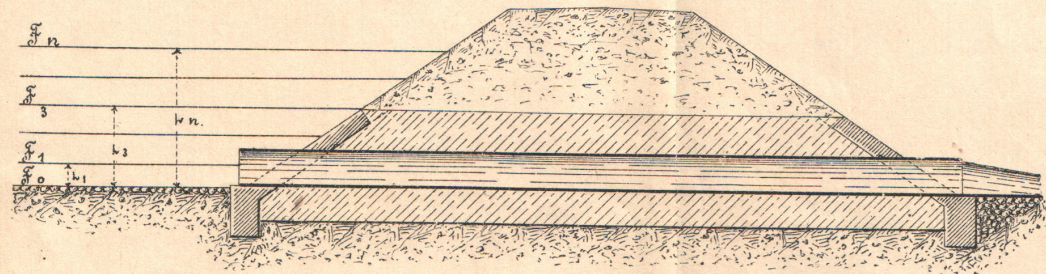
Мостъ большаго отверстія.



Каменная труба.



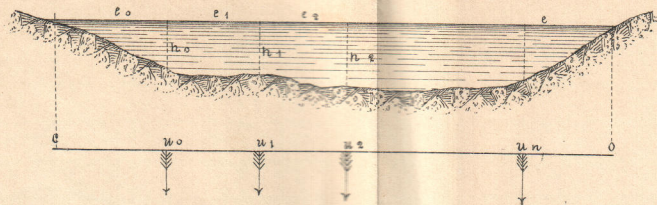
Чугунная труба.



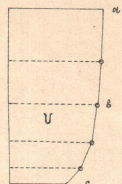


Живое сечение

Черт. 1.

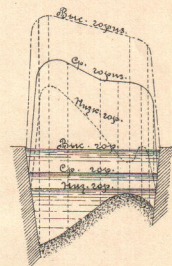


Черт. 2.

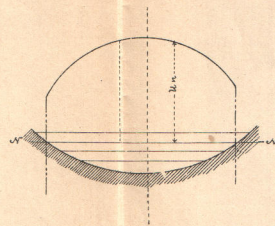


Средняя Скорость

Черт. 4.

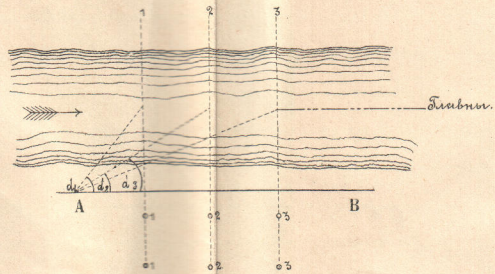


Черт. 5.



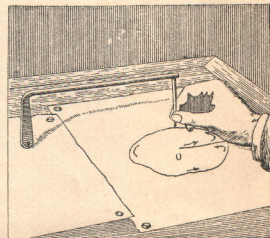
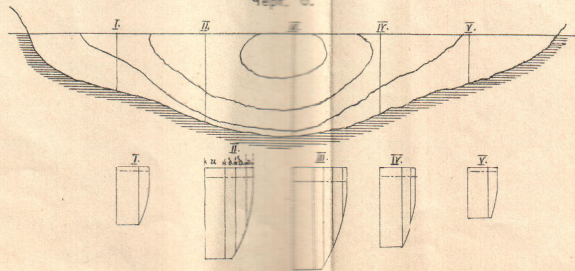
Черт. 3.

Линия равных глубин

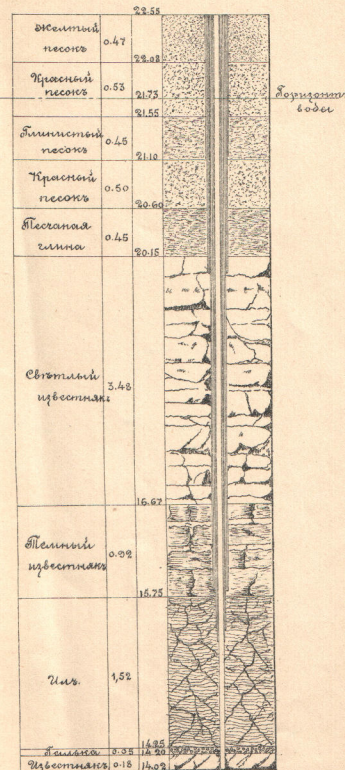
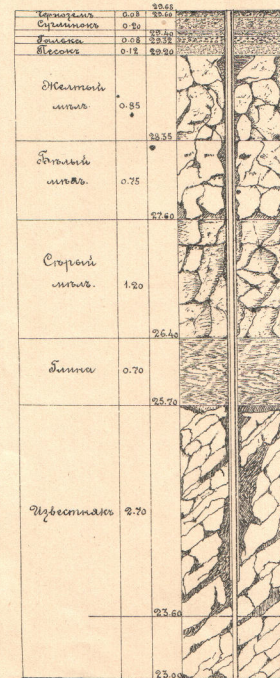


Линия равных глубин

Черт. 6.



Буровые скважины.





1876



# ИМѢЮТСЯ ОТПЕЧАТАННЫЕ ПРОЕКТЫ

ИНЖЕНЕРА

Н. J. ГОДИНѢВЪ

1. Исполнительные чертежи, пояснительныя записки и расчеты къ типамъ балочныхъ и подкосныхъ деревянныхъ мостовъ для Московско-Казанской ж. д.; 115 стр.+38 черт. .... 10 р.
2. Проектъ постоянного моста для ж. д. нормальной колеи черезъ р. Пекшу отв. 16 саж. (безъ верхняго строенія) при высотѣ насыпи 6,93 с.; 17 стр. 3 л. черт. .... 2 р.
3. Желѣзная ферма для моста пролетомъ 5 саж., ѣзда наверху (36 стр. и 3 л. черт.(..... 1 р.
4. Проектъ постоянного моста для ж. д., черезъ р. Инсаръ, отв. 20 саж. въ одинъ пролетъ (безъ верхняго строенія) при высотѣ насыпи 4,80 с.; 22 стр.+3 листа черт. .... 2 р.
5. Проектъ желѣзнодорожнаго моста черезъ р. Шукшу, отв. въ 30 саж., въ три пролета по 10 саж., съ основаніемъ быковъ на опускающихся колодцахъ; ѣзда по верху при высотѣ насыпи =5,10 саж.; 27 стр.+9 лист. черт. .... 5 р.
6. Исполнительные чертежи, пояснительныя записки и расчеты къ типамъ балочныхъ и подкосныхъ деревянныхъ мостовъ съ основаніями на сваяхъ, на каменныхъ столбахъ и на лежняхъ для Ярославско-Архангельской ж. д. (ширина колеи 0,50 саж.); 279 стр.+63 листа черт. .... 20 р.



7. Проектъ временнаго деревяннаго моста на сваяхъ  
черезъ р. Сухону для узко-колейной ж. д. (ши-  
рина колеи 0,50 саж.), съ разводной частью  
отв. 7,00 саж., состоящей изъ фермъ Гау, вы-  
водимыхъ при помощи плашкоутовъ; 8 стр.  
7 лист. черт. .... 2 р
8. Расчетъ фермы Гау къ мосту черезъ р. Сухону;  
25 стр. 3 лист. черт. .... « ..... 1 р.
9. Проектъ постояннаго моста для узкоколейной ж.  
д. (ширина колеи 0,50 саж.) черезъ р. Сухону  
отв. 40 саж.; 47 стр.+11 лист. черт. .... 9 р.
10. Проектъ постояннаго моста черезъ р. Кубину,  
для узко-колейной ж. д. (шир. 0,50 с.) отв. въ  
50 саж., съ основаніемъ опоръ на кесонахъ,  
при высотѣ насыпи 7,40 саж. (ѣзда по  
низу); 24 стр.+7 лист. черт. .... 4 р.
11. Проектъ подъемнаго моста подъ обыкновенную  
дорогу въ г. Ярославль въ дамбѣ р. Которосль  
для пропуска судовъ; отв. 9,00 саж., ширина  
6,00 саж. Пояснительная записка, расчетъ, смѣ-  
та и исполнительные чертежи; 150 стр.+22  
листа черт. .... 15 р.

## ПРИГOTOВЛЯЮТСЯ КЪ ПЕЧАТИ:

1. Проекты постоянныхъ мостовъ; отв. отвъ 10 до 50 саж.
2. Проекты верхняго строенія (фермъ) пролетомъ 10,  
15, 20, 25 и 35 саж. съ расчетомъ, на основаніи  
циркуляра, № 753, отвъ 15 января 1896 г

